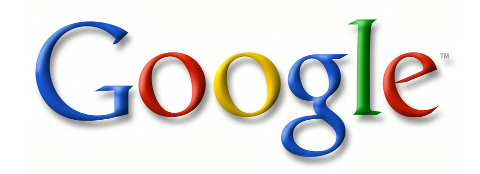


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.











Lehrbuch der Botanik.



Von

Dr. K. Giesenhagen.

LHF
2,73

KF 4806

B.Lab. 508.94.4



Botanical Laboratory

OF

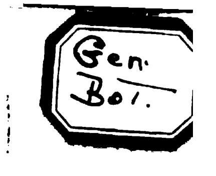
HARVARD COLLEGE,

FROM

Prof. G. L. Goodale.

26 Oct. 1898.

DEPOSITED IN
THE LIBRARY OF
THE BIOLOGICAL LABORATORIES



#7

LHF
2,73

KF 4806

~~B. Lab. 508.94.4~~



Botanical Laboratory

OF

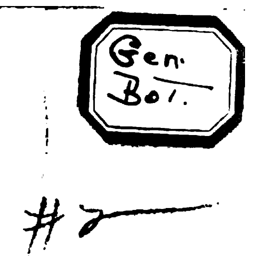
HARVARD COLLEGE,

FROM

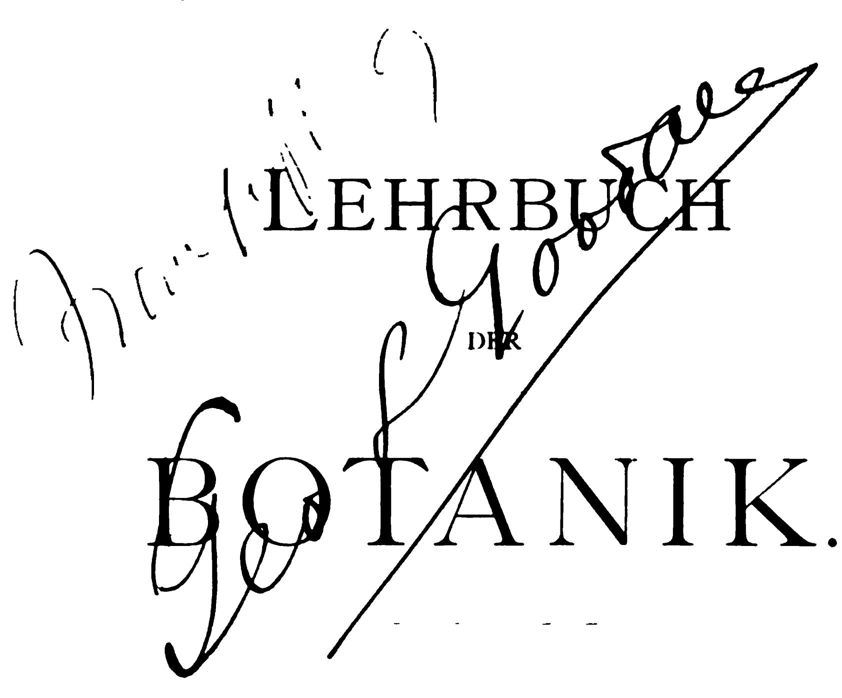
Prof. G. L. Goodale

26 Oct. 1898.

DEPOSITED IN
THE LIBRARY OF
THE BIOLOGICAL LABORATORIES


Gen.
Bot.

Oswald Weigel
Antiquariat & ..tions-Institut
Leipzig, Königsstr. 1.



LEHRBUCH

DER

BOTANIK.

VON

DR. K. GIESENHAGEN

DOCENT DER BOTANIK AN DER KGL. UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

MÜNCHEN & LEIPZIG.

DR. E. WOLFF, WISSENSCHAFTLICHER VERLAG.

1894.

[illegible] 598.94.4

KF4506

1898, Oct. 26
Botanical Lab.
Gift of
G. L. Goodale

Vorwort.

IN den botanischen Vorlesungen an den Universitäten ist man in der letzten Zeit fast überall bemüht gewesen, den Unterricht durch Demonstrationen und Experimente zu beleben und belehrender zu gestalten. Die grössere Anforderung, welche dadurch an die Aufmerksamkeit des Hörers gestellt wird, mag mit der Grund dafür sein, dass die Sitte des Nachschreibens ausführlicher Collegheftе bei den Studirenden mehr und mehr abkommt. Meistens werden nur noch vereinzelte Merkworte notirt, die wohl geeignet sein mögen, unmittelbar nach der Vorlesung dem Gedächtniss einen Anhalt zur Reproduction des Gehörten zu geben; später aber, wenn erst ein herannahendes Examen zum Repetiren zwingt, dürften dieselben kaum noch genügen, das einmal Gehörte und halb Vergessene wieder unverändert und vollständig in's Gedächtniss zurückzurufen. In den meisten Fällen wird dann die Benützung eines passenden Lehrbuches unumgänglich nöthig werden. Der Gedanke des Herrn Verlegers, ein Lehrbuch herauszugeben, welches den botanischen Lehrstoff, soweit er zum Gegenstand einer Universitätsprüfung gemacht werden kann, in übersichtlicher Gruppirung dem Leser darbietet, schien mir desshalb folgerichtig und zeitgemäss. Ich würde aber trotzdem die mir angetragene Aufgabe, ein solches Buch zu verfassen, nicht übernommen und ausgeführt haben, wenn mir nicht der Rath und die Hilfe des Herrn Professors Goebel zugesichert und während meiner Arbeit in liebenswürdigster Weise zu Theil geworden wäre. Mit Freuden ergreife ich die Gelegenheit, dem Herrn Professor Goebel auch an dieser Stelle meine Verehrung und meinen aufrichtigen Dank für die werthvolle Unterstützung auszudrücken.

Ueber den Umfang des Thatsachenmaterials, welches für den gedachten Zweck in meinem Buch zusammenzutragen war, kann man sehr verschiedener Meinung sein, da ja die reichsgesetzlichen Bestimmungen

über das Tentamen physicum der Mediciner und über das pharmaceutische Staatsexamen dem individuellen Ermessen des Examinators innerhalb weiter Grenzen volle Freiheit lassen. Ganz allgemein wird man aber wohl der Ansicht beistimmen, dass die Prüfung sich in keinem Fall auf die gedächtnissmässige Beherrschung von Einzelthatsachen zu beschränken hat, sondern, dass ein Verständniss der leitenden Gedanken als ein Beweis eines mit Erfolg absolvirten Studiums unbedingt gefordert werden muss. Dementsprechend bin ich bemüht gewesen, stets, soweit es in dem engen Rahmen möglich war, die allgemeinen Gesichtspunkte in den Vordergrund zu rücken. Daneben habe ich aber auch der Darstellung der Einzelheiten, soweit mir dieselben wichtig erschienen, meine Aufmerksamkeit nicht entzogen, und insbesondere hoffe ich, dass meine Schilderungen überall den Anschauungen der Gegenwart und den gesicherten Resultaten der neuesten Untersuchungen entsprechen. Ein Hauptgewicht habe ich ferner auf die übersichtliche Anordnung des Stoffes gelegt, manche Abweichungen von der herkömmlichen Darstellungsweise mögen darin ihre Erklärung finden. Eine eingehende Inhaltsübersicht und das umfangreiche Register endlich sollen dem Lernenden die Benützung des Buches erleichtern. Die Sorgfalt, mit welcher das Register hergestellt worden ist, darf ich nicht als mein Verdienst in Anspruch nehmen, wenn ich es auch nicht für angebracht halte, an öffentlicher Stelle meinen Dank für die liebenswürdige Hilfe bei der Arbeit abzustatten.

Für die Ausstattung des Buches mit schönem Druck und gutem Papier und für die Bewilligung so vieler Textfiguren gebührt dem Herrn Verleger mein aufrichtiger Dank. Von seiner Seite ist nichts versäumt worden, um das Buch zu einem brauchbaren Lehrmittel für den Studirenden zu machen.

Wie allen menschlichen Dingen wird es auch meinem Buch an Mängeln nicht fehlen, ob es nicht trotzdem neben den zahlreichen gleichbetitelten Werken noch einen Platz verdient, das mögen diejenigen entscheiden, in deren Händen der botanische Unterricht an unseren Hochschulen ruht. Ihrem Wohlwollen und Ihrer Nachsicht soll mein Werk empfohlen sein.

München, den 1. Oktober 1894.

Dr. K. Giesenhagen.

Inhalts-Verzeichniss.

Seite

B. Anatomie.

Zweiter Abschnitt. Die Physiologie der Pflanzen.

Dritter Abschnitt. Specielle Botanik.

Berichtigung.

In der Erklärung der Figur 77 auf Seite 65 sind einige störende Fehler übersehen worden; es muss heissen: »A hypogyne Blüthe« und »C epigyne Blüthe«.

Einleitung.



OTANIK ist die Naturgeschichte des Pflanzenreiches, welches mit dem Thierreiche zusammen die Welt des Organischen bildet. Zwischen diesen beiden Reichen ist eine scharfe Grenze nicht vorhanden. Wir müssen dieselben ansehen als von dem gleichen Ausgangspunkte nach verschiedenen Richtungen ausstrahlende Entwickelungsreihen des organischen Lebens. Die dem gemeinsamen Uranfang zunächststehenden Glieder der beiden Reihen weisen die weitgehendsten verwandtschaftlichen Beziehungen zu einander auf; es ist auf dieser niederen Entwickelungsstufe überhaupt noch keine scharfe Differenzirung der beiden Entwickelungszweige eingetreten, so dass also die Frage nach der Zugehörigkeit der niedersten Formen zu der einen oder anderen Reihe völlig gegenstandslos ist.

Wenn nach dem Gesagten ein durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal zwischen Thier und Pflanze im Allgemeinen nicht vorhanden sein kann, so lässt sich doch, wenn wir die Betrachtung auf die höher organisirten Lebewesen beschränken, für die Zugehörigkeit eines Organismus zum Thierreich oder Pflanzenreich eine Reihe von Kriterien angeben, von denen einige im Folgenden kurz erwähnt sein mögen.

Der Körper der höheren Thiere erreicht in einer bestimmten Periode den Höhepunkt seiner formalen Entwickelung; der Körper ist ausgewachsen, alle Organe sind in der für die betreffende Art charakteristischen Zahl und Ausbildung vorhanden, ein Wachsthum und eine Neubildung von vegetativen Organen findet während des ganzen Restes der Lebenszeit normal nicht mehr statt. Am Pflanzenkörper aber findet unausgesetzt Wachsthum und Neubildung von Organen statt, um erst mit dem Tode des Individuums zu erlöschen. — Im anatomischen Bau der Pflanzen

und Thiere ist ein deutlicher Unterschied darin ausgesprochen, dass die Zellen, welche den Pflanzenkörper zusammensetzen, eine feste Hülle aus Cellulose besitzen, während dieses Kohlehydrat im Körper der höheren Thiere nicht gefunden wird. — Die Pflanzen besitzen die Fähigkeit, aus der Kohlensäure der Luft, dem Wasser und einigen Salzen die komplizirten organischen Verbindungen herzustellen, welche zur Unterhaltung ihrer Lebensprozesse und zum Aufbau ihrer Organe erforderlich sind. Den Thieren fehlt dagegen das Vermögen, anorganische Substanzen zu assimiliren; zu ihrer Ernährung sind organische Stoffe nöthig: Fette, Eiweiss und Kohlehydrate, welche ihnen in letzter Linie von den Pflanzen geliefert werden. — Selbstverständlich fehlt es bei diesen allgemeinen Sätzen auch unter den höheren Organismen nicht an vereinzelten Ausnahmen.

Man theilt die Wissenschaft der Botanik in die **allgemeine Botanik,** welche uns über die allgemeinen Gesetze des Baues und der Lebensverrichtungen des Pflanzenkörpers unterrichtet, und in die **spezielle Botanik,** welche die einzelnen Gewächse und ihre Verwandtschaftsverhältnisse kennen lehrt und zeigen soll, wie die allgemeinen Gesetze der Gestaltung und des Baues in den einzelnen Gruppen des Pflanzenreiches zum Ausdruck kommen.

Gemäss der beiden Hauptaufgaben, welche der allgemeinen Botanik zukommen, unterscheiden wir in derselben die Lehre vom Bau des Pflanzenkörpers oder **Morphologie** und die Lehre von den Lebenserscheinungen in demselben oder **Physiologie.**

Erster Abschnitt.

Die Morphologie der Pflanzen.

Die Morphologie der Pflanzen hat nach zwei Richtungen hin über den Bau der Gewächse Auskunft zu geben. Sie lehrt uns in der **Organographie** die äussere Form des Pflanzenkörpers und die Gesetze kennen, welche die Gestaltung desselben beherrschen. In der **Anatomie** unterrichtet sie uns über den inneren Bau und die stoffliche Zusammensetzung der Pflanzenorgane.

A. Organographie.

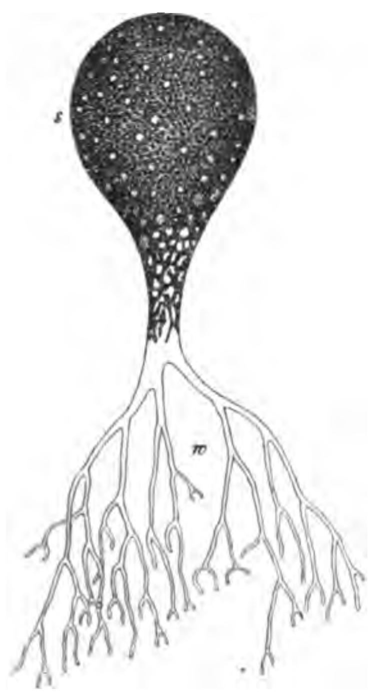
Erstes Kapitel. Die Organe des Pflanzenkörpers und ihre räumlichen Beziehungen zu einander.

1. Wurzel und Spross.

Wenn wir von den niedersten Pflanzenformen absehen, deren Bau eine gesonderte Besprechung erfordert, so können wir überall in dem Bau der verschiedenartigen Gewächse einen gewissen typischen Grundplan wiederfinden, den wir als die Polarität des Pflanzenkörpers bezeichnen können. Wir können eine Basis und eine Spitze deutlich unterscheiden und die nach diesen beiden Polen zu gelegenen Theile der Pflanze zeigen in verschiedenen Beziehungen differente Ausbildung und differentes Verhalten.

Schon bei verhältnissmässig nieder organisirten Gewächsen tritt diese Polarität auffällig in die Erscheinung. Die Figur 1 gibt eine vergrösserte Abbildung einer Alge, deren ganzer Vegetationskörper ein winziges Bläschen etwa von der Grösse eines Stecknadelkopfes dar-

stellt. An demselben können wir zwei Theile erkennen: den Spross und die Wurzel. Der Spross ist der obere, eirundliche Theil, der dem Lichte ausgesetzt und an der lebenden Pflanze grün gefärbt ist. Er übernimmt im vegetativen Zustande die Assimilation, d. h. die Umwandlung der unorganischen Pflanzennahrung in die organischen Verbindungen, welche zum Aufbau des Pflanzenkörpers nöthig sind. Als Wurzel bezeichnen wir den meist ungefärbten, einem verzweigten Schlauche vergleichbaren Theil der Alge, der in den Boden eindringt, die Pflanze befestigt und die Aufnahme von Wasser und von darin gelösten anorganischen Stoffen vermittelt.

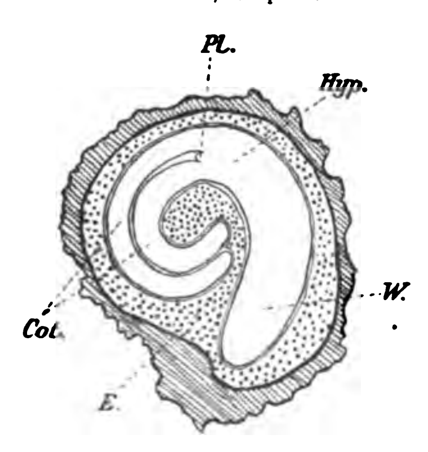


Figur 1.
Botrydium granulatum nach Woronin.
w. Wurzel, *s*. Spross.

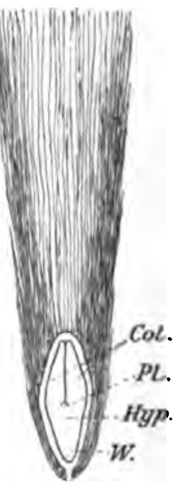
Die in Form und Farbe, Wachsthumsrichtung und Funktion ausgesprochene Gegensätzlichkeit zwischen Spross und Wurzel können wir in verschiedenen Graden der Deutlichkeit aufwärts durch die ganze Reihe der Gewächse bis hinauf zu den höchstentwickelten Formen, den Samenpflanzen, verfolgen. Bei den Letzteren lässt sich das Verhältniss von Spross und Wurzel am leichtesten an den Jugendzuständen, den Keimpflanzen, übersehen.

In den Pflanzensamen finden wir als wesentlichsten Bestandtheil den Embryo, die Anlage der jungen Pflanze, vor. Derselbe ist in manchen Fällen von einem Nährgewebe, dem Endosperm, begleitet.

An dem Embryo können wir, wie aus der nebenstehenden Figur erkennbar ist,



Figur 2 A.

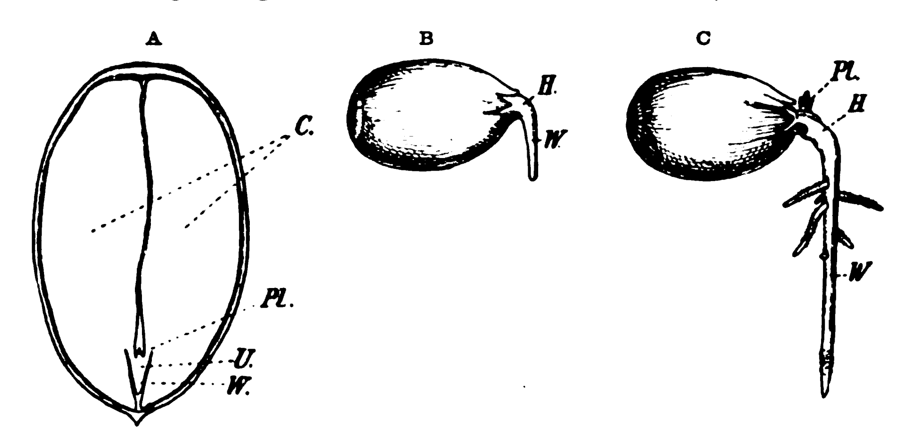


Figur 2 B.

Längsschnitte durch reife Samen **A** von Hyoscyamus, **B** von Salix (n. Payer). Bei **A** ist neben dem Embryo reichlich Endosperm *E*. vorhanden; bei **B** füllt der Embryo die mit langen Haaren besetzte Samenschale völlig aus. *W*. Wurzel, *Hyp*. Hypocotyl, *Pl*. Stammknospe, *Cot*. Cotyledonen des Embryo.

die **Keimwurzel** und das **hypocotyle Glied** mit den **Cotyledonen** und der **Stammknospe** unterscheiden. Die Beobachtung der Keimungsvorgänge lehrt uns, welche Bedeutung diesen einzelnen Theilen als Organen des Pflanzenkörpers zukommt.

Wenn der Same in günstige Keimungsbedingungen gelangt, wird die Samenschale gesprengt, und der sich zur Keimpflanze entwickelnde Embryo streckt als erstes Organ die Wurzel aus seiner Hülle hervor, welche sich nach abwärts krümmt und in den Boden eindringt. Die Spitze dieser Keimwurzel stellt das eine Polende des Pflanzenkörpers dar. Nach einer kürzeren oder längeren Zeit wird auch das andere Polende der Pflanze aus der Schale befreit; es ist die Stammknospe des Embryo, die Spitze des Sprosses, welche entgegengesetzt zu der Wachsthumsrichtung der Wurzel sich vom Boden erhebt und aufwärts wendet. An der aus der Samenschale hervorgetretenen Keimpflanze sind danach leicht die beiden wichtigen Organe zu unterscheiden: die **Wurzel**, welche unter



Figur 8.

Keimung der Eichel. **A** Längsschnitt der ungekeimten Eichel ($^2/_1$). **B** und **C** aufeinanderfolgende Keimungsstadien ($^1/_1$.) *W.* Wurzel, *H.* Hypocotyl, *Pl.* Stammknospe, *C.* Cotyledonen des Keimlings.

dem Einfluss der Schwerkraft senkrecht abwärts wächst, und der **Spross**, welcher, ebenfalls durch die Schwerkraft beeinflusst, sich aufrecht stellt.

Als Grenze zwischen beiden ist die Stelle anzusehen, wo Keimwurzel und hypocotyles Glied in einander übergehen, so dass also die Wurzel lediglich aus der Keimwurzel des Embryo hervorgegangen ist, während das Hypocotyl mit den Cotyledonen und den aus der Stammknospe sich entwickelnden Theilen den Spross darstellt. Wir können am Spross leicht zwei wesentliche Theile unterscheiden, die Sprossachse, welche von dem Hypocotyl und dem in der Verlängerung desselben gelegenen Achsentheil der Stammknospe gebildet wird, und die seitlichen Organe, das sind die Cotyledonen und die weiter oben sich entwickelnden Blätter.

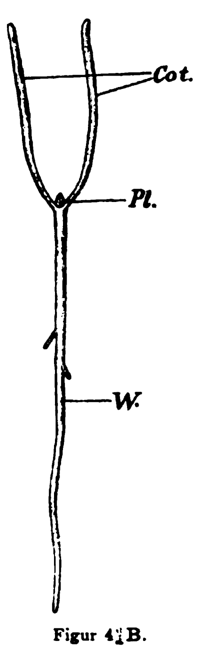
Die Cotyledonen sind als die ersten Blattgebilde der jungen Pflanze anzusehen. Nach der Anzahl derselben am Embryo unterscheidet man

unter den Samenpflanzen mit Fruchtknoten die Monocotyledonen, welche einen, und die Dicotyledonen, welche zwei Cotyledonen am Keimling besitzen. Bei vielen nacktsamigen Pflanzen, bei den Kiefern und Tannen, kommen mehr als zwei Cotyledonen vor.

Die Cotyledonen enthalten, wie bei der Eiche, sehr häufig grosse Mengen von organischen Nahrungsstoffen, welche von der assimilatorischen Thätigkeit der Mutterpflanze herrühren und der jungen Pflanze in den ersten Stadien ihres Lebens zum Unterhalte dienen. In anderen Fällen wirken die Cotyledonen als Saugorgane, welche dem sich entwickelnden Embryo die im Nährgewebe des Samens vorhandenen Stoffe zuführen, oder sie stellen schon in der ersten Lebenszeit der Keimpflanze Assimilationsorgane dar, welche selbstständig aus den in der Umgebung des keimenden Samens vorhandenen anorganischen Substanzen organische Nährstoffe bereiten.

Während die weiter rückwärts gelegenen Theile der Wurzel und des Sprosses nach einiger Zeit eine definitive Ausbildung erlangen, finden wir an der Spitze der beiden Elementarorgane zu jeder Zeit ein embryonales, zu weiterer Entwickelung befähigtes Gewebe, den Vegetationspunkt, durch dessen Wachsthum ein steter Längenzuwachs der Wurzel und des Sprosses bewirkt wird.

Figur 4 A.



Figur 4 B.

Junge Keimpflanzen. A von Hyacinthus candicans, Monocotyledone; B von Foeniculum officinale, Dicotyledone. *W.* Wurzel, *Pl.* Stammknospe, *Cot.* Cotyledon, *S.* Samenschale.

2. Verzweigung der Wurzel und des Sprosses.

An der Hauptwurzel und an dem Hauptspross, welche durch die Thätigkeit der Vegetationspunkte aus den Elementarorganen der Keimpflanze hervorgegangen sind und welche die organische Achse des erwachsenen Pflanzenkörpers bilden, entstehen bei den meisten Pflanzen seitliche Organe, welche an ihrer Spitze gleichfalls mit einem Vegetationspunkt versehen sind und auch im Uebrigen in Bau und Verrichtung den Hauptorganen gleichen. Sie werden als **Seiten-** oder **Nebenwurzeln** respektive als **Seitensprosse** bezeichnet und können wieder Seitenachsen höherer Ordnung hervorbringen und so fort. Man nennt diesen Vorgang Verzweigung. Die Gesammtheit aller Wurzeln und aller Sprosse bildet das **Wurzelsystem** respective das **Sprosssystem** der erwachsenen Pflanze.

Die Seitenwurzeln werden kurz hinter dem Vegetationspunkt im Innern der Hauptwurzel angelegt und wachsen mit Durchbrechung der Wurzelrinde nach aussen. Man bezeichnet diese Entstehungsweise als **endogen.** Meistens sind die Seitenwurzeln ziemlich regellos oder in mehr oder minder deutlichen Längsreihen an ihrer Abstammungsachse angeordnet (v. Fig. 6), sie wachsen nicht wie die Hauptwurzel senkrecht nach unten, sondern sie wenden sich seitwärts oder schräg abwärts unter einem kleineren oder grösseren Winkel mit dem Erdradius. Die Seitenwurzeln höherer Ordnung können regellos nach allen Richtungen hin wachsen.

Ausser den aus der Keimwurzel des Embryos direkt oder indirekt hervorgehenden Wurzeln finden sich bei manchen Pflanzen noch andere Wurzeln vor, welche seitlich aus der Sprossachse entspringen. Für diese sekundär gebildeten Wurzeln hat sich der Name **Adventivwurzeln** eingebürgert. Ihre Entstehung ist wie die der Seitenwurzeln endogen.

Die Seitensprosse entstehen **exogen,** d. h. äusserlich am Vegetationspunkte ihrer Abstammungsachse. Ihr Vegetationspunkt ist direkt aus dem Vegetationspunkt der Hauptachse hervorgegangen, so dass also bei der Verzweigung nirgends eine Neuentstehung embryonalen Gewebes, sondern nur eine Vertheilung des schon vorhandenen stattfindet.

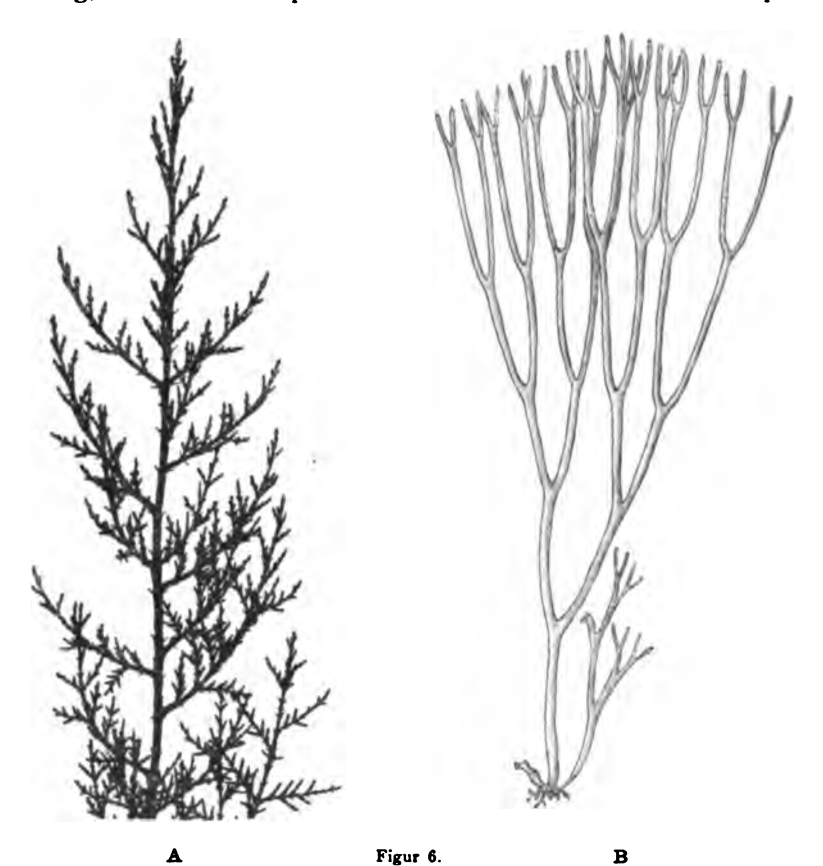
Cot
Hyp
S
Hw

Figur 5.

Keimpflanze von Cucurbita Pepo.
An der Hauptwurzel *Hw.* sind zahlreiche Seitenwurzeln vorhanden. *S.* Samenschale, *Hyp.* Hypocotyl., *Cot.* Cotyledonen.

Bei den meisten Pflanzen bleibt der Vegetationspunkt der Hauptachse auch nach der Abgabe seitlicher Vegetationspunkte stets als solcher erhalten, der Hauptspross bildet also immer die organische Achse des ganzen Sprosssystems. Man nennt diese Form der Verzweigung

monopodial. In der Abtheilung der Farne, Moose und Algen kommt gelegentlich ein anderer Modus der Verzweigung vor, den man als **Dichotomie** bezeichnet. Es theilt sich dabei der Vegetationspunkt in zwei gleichwerthige Theile, die Hauptachse löst sich also gänzlich in Seitensprosse auf. Sowohl bei der monopodialen als bei der dichotomischen Verzweigung unterscheidet man eine Anzahl von Unterarten der Sprossverkettung, für welche hauptsächlich die relative Stärke der Haupt- und



A **Figur 6.** **B**

A monopodial verzweigter Spross von Cypressus pyramidalis ($^1/_2$). **B** dichotomisch verzweigter Spross von Dictyota striolata ($^3/_4$).

Seitensprosse, sowie die Zahl und Wachsthumsrichtung der letzteren die Erkennungsmerkmale sind.

Im Grunde genommen handelt es sich bei der Definition der verschiedenen Verzweigungsarten um abstrakte Schemata, denen die in der Natur vorhandenen Verhältnisse im einzelnen Falle mehr oder minder genau entsprechen. Es lassen sich deshalb die verschiedenen Begriffe am besten durch schematische Figuren versinnlichen. Die beigefügte Tabelle wird das Verständniss erleichtern.

Uebersicht der Verzweigungsarten.

I. Monopodiale Verzweigungssysteme.

Der Hauptspross trägt unter seiner Spitze einen oder mehrere Seitensprosse.

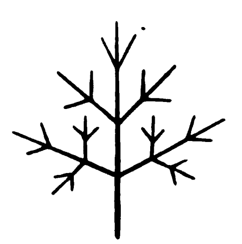
A. Der Hauptspross ist am kräftigsten entwickelt: *racemöse Verzweigung* (Fig. 7).

B. Die Seitensprosse wachsen über den Gipfel des Hauptsprosses hinaus: *cymöse Verzweigung* (Fig. 8).

1. Unter der Sprossspitze entspringt je ein Seitenast: das *Monochasium* oder *Sympodium* (Fig. 8 *a* bis *d*).

a) Die aufeinanderfolgenden Seitensprosse stehen alle an derselben Seite der Abstammungsachse: die *Schraubel* (Fig. 8 *a* und *b*).

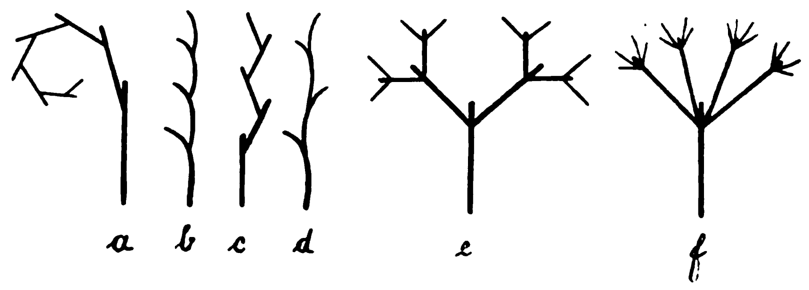
Liegen alle Seitensprosse genau in derselben Ebene, so wird die Verzweigungsart als *Sichel* (Fig. 8 *a*) bezeichnet, stellen sich die Seitensprosse in die Verlängerung der Abstammmungsachse, so entsteht ein *Schraubelsympodium* (Fig. 8 *b*).



Figur 7.
Schema der racemösen Verzweigung.

b) Die Seitensprosse stehen abwechselnd an verschiedenen Seiten: die *Wickel* (Fig. 8 *c* und *d*).

Liegen alle Wickeläste in derselben Ebene so entsteht eine *Fächel* (Fig. 8 *c*), stehen die Sprosse höherer Ordnung in der Verlängerung der Abstammungsachse, so dass eine gerade Scheinachse entsteht, so wird die Wickel als Wickelsympodium bezeichnet (Fig. 8 *d*).



Figur 8.
Schemata der cymösen Verzweigung.
a Schraubel und Sichel, *b* Schraubelsympodium, *c* Wickel und Fächel, *d* Wickelsympodium, *e* Dichasium, *f* Pleiochasium.

2. Unter der Sprossspitze entspringen je zwei gegenüberstehende Seitensprosse: das *Dichasium* (Fig. 8 *e*).

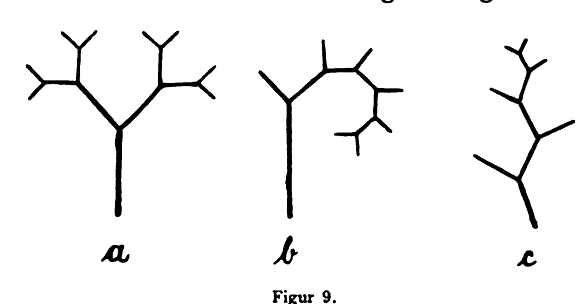
3. Unter der Sprossspitze stehen je drei oder mehr Seitensprosse: das *Pleiochasium* (Fig. 8 *f*).

II. Dichotomische Verzweigungssysteme.

Der Hauptspross löst sich an seiner Spitze in zwei gleichwerthige Sprosse (Gabeläste) auf.

A. Die Gabeläste entwickeln und verzweigen sich gleichmässig: die *gabelige Dichotomie* (Fig. 9 *a*).

B. Der eine Gabelast zeigt kräftigere Entwickelung.



Figur 9.

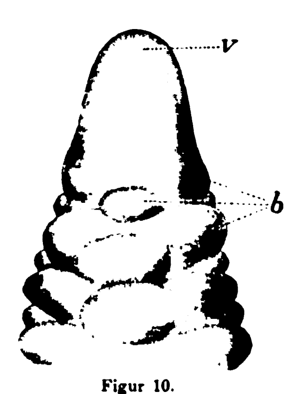
Schemata der dichotomischen Verzweigung. *a* gabelige Dichotomie, *b* schraubelähnliche Dichotomie, *c* wickelähnliche Dichotomie.

1. Der geförderte Gabelast liegt in den aufeinanderfolgenden Dichotomieen allemal auf derselben Seite: die *schraubelähnliche Dichotomie* (Fig. 9 *b*).

2. Der geförderte Gabelast liegt in den aufeinanderfolgenden Dichotomieen abwechselnd nach rechts und links: die *wickelähnliche Dichotomie* (Fig. 9 *c*).

Im ausgewachsenen Zustande haben das Schraubelsympodium und das Wickelsympodium oft grosse Aehnlichkeit mit einem racemösen Verzweigungssystem, ebenso können die schraubelähnlichen und die wickelähnlichen Dichotomien sehr leicht mit monopodialen Schraubeln und Wickeln verwechselt werden. In solchen Fällen gestattet nur die entwicklungsgeschichtliche Untersuchung der Verzweigungsvorgänge am Vegetationspunkte eine exakte Unterscheidung.

3. Sprossachsen und Blätter.



Figur 10.

Sprossgipfel von Elodea canadensis ($^{140}/_{1}$). *v* Vegetationspunkt, *b* Blattanlagen.

An allen Sprossachsen entstehen, wie schon kurz erwähnt, ausser den Seitensprossen noch andere seitliche Organe, die Blätter. Dieselben besitzen keinen Vegetationspunkt und haben ein begrenztes Wachsthum, auch sind dieselben zur Ausbildung gleichartiger seitlicher Organe höherer Ordnung normal nicht befähigt. Die Blätter werden wie die Seitensprosse exogen am Vegetationspunkt ihrer Abstammungsachse angelegt. Sie treten zuerst als rundliche Höckerchen an dem Scheitel des Sprosses hervor und werden in diesem Zustande als Primordialblätter bezeichnet.

In der Regel stehen die Blätter zu den an derselben Achse entspringenden Seitensprossen in einer bestimmten Beziehung, indem über

der Insertion, d. i. Anheftungsstelle, jedes Blattes die Anlage eines Seitensprosses vorhanden ist. Am Vegetationspunkt ist im Anfang nur das Primordialblatt als Höcker unterhalb des Sprossgipfels zu erkennen und erst später, wenn das ihn schützende Blatt schon eine gewisse Entwickelung erreicht hat, tritt auch der Vegetationspunkt des Seitensprosses in der Achsel des Blattes über die Oberfläche der Abstammungsachse hervor. Fälle, in denen mehrere Achselsprosse bei jedem Blatt vorhanden sind, oder in denen die Seitensprosse neben oder unter dem Blatt entspringen, sind verhältnissmässig selten. In Beziehung auf den in seiner Achsel stehenden Seitenspross wird das Blatt als **Stützblatt** oder **Deckblatt** bezeichnet, die Anlage des Seitensprosses wird **Achselknospe** des Blattes genannt.

Figur 11.

Sprosspitze von Ranunculus repens, durch Fortnahme der älteren Blätter freigelegt (64/1). *v.* Vegetationspunkt, b_1 jüngstes Blatt, b_2 zweites Blatt, in dessen Achsel die Anlage des Achselsprosses ax_2 hervortritt; ax_3 Achselknospe, welche zu dem fortpräparirten drittjüngsten Blatt gehört.

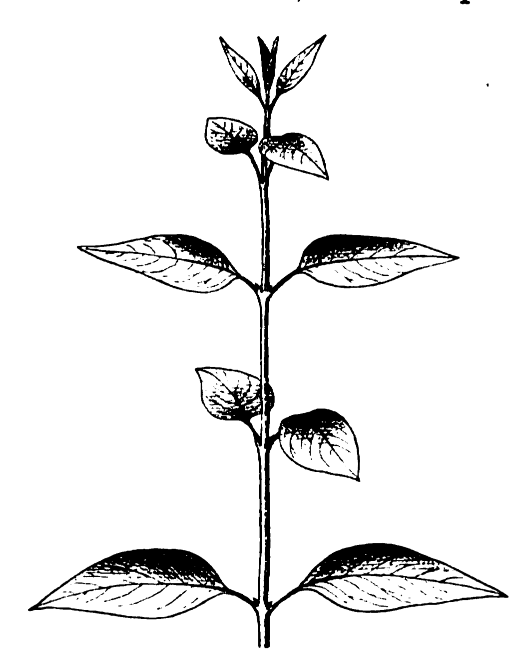
Von der Regel, dass in allen Blattachseln Achselknospen vorhanden sind, finden sich zahlreiche Ausnahmen in der Gruppe der Nadelhölzer. Bei den übrigen Samenpflanzen fehlen die Knospen in den Achseln der Blüthenblätter. Bei dichotomisch verzweigten Sprossen ist eine regelmässige Beziehung zwischen der Stellung der Blätter und der Verzweigung der Achse nicht vorhanden.

Nicht alle Achselknospen entwickeln sich zu Seitensprossen, manche verkümmern schon als Anlagen vollständig, andere verharren viele Jahre lang im Knospenzustande, um erst später, oft wenn das Deckblatt längst abgeworfen worden ist, sich zu beblätterten Sprossen zu entwickeln. Die Knospen, welche sich erst nach längerer Ruhezeit entfalten, werden als **schlafende Augen** bezeichnet.

Ausser den normal am Vegetationspunkt des Sprosses angelegten in der Achsel der Blätter stehenden Seitensprossen finden sich gelegentlich an beliebigen Stellen der Sprossachsen Seitensprosse, welche als **Adventivsprosse** bezeichnet werden. Adventivsprosse können selbst aus Wurzeln entspringen, wie das bei den **Wurzelsprossen** vieler Bäume und Sträucher der Fall ist. Neben der spontanen Adventivsprossbildung möge kurz noch der durch mechanische Verletzung veranlassten Ausbildungen eines embryonalen Gewebes gedacht werden, von welchem zahlreiche Adventivsprosse erzeugt werden können, eine Erscheinung, welche an der Ueberwallungsstelle von Baumwunden häufig zu beobachten ist, und zu welcher auch die Stockausschläge an den stehenbleibenden Stümpfen gefällter Bäume zu rechnen sind. Die Anordnung der Adventivsprosse an ihrer Abstammungsachse ist regellos und steht zu der Blattstellung in keiner Beziehung.

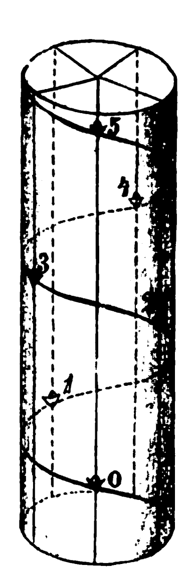
Die Querscheiben des Sprosses, an welchen die Blätter mit ihren Achselknospen eingefügt sind, heissen **Knoten**, sie sind durch die blattfreien Sprosstheile, die **Internodien** von einander getrennt. Bezüglich der Anordnung der Blätter an der Sprossachse unterscheidet man die

Quirlstellung, bei welcher zwei oder mehr Blätter an jedem Stengelknoten vorhanden sind, und die **Spiralstellung**, bei welcher jeder Knoten ein einziges Blatt trägt. Gewöhnlich sind bei der Quirlstellung die Blätter in den aufeinanderfolgenden Quirlen **alternierend**, d. h. die Blätter jedes Quirls stehen über den Zwischenräumen des vorhergehenden. Eine besonders häufige Form der Quirlstellung ist die Anordnung der Blätter in zweizähligen alternirenden Wirteln, die gewöhnlich als die gekreuzte oder decussirte Blattstellung bezeichnet wird.



Figur 12.
Spross von Syringa mit gekreuzter (decussirter) Blattstellung ($^1/_2$).

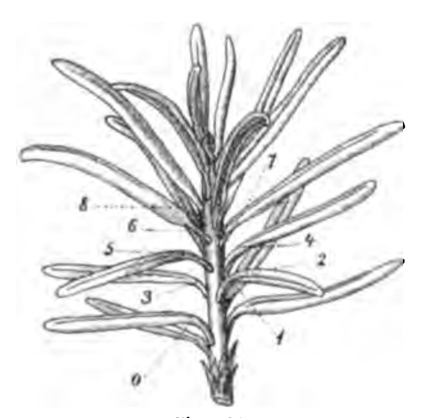
Bei der Spiralstellung stellt die Linie, welche die Ansatzstellen aller Blätter nach der Reihenfolge ihrer Entstehung auf dem nächsten Wege miteinander verbindet auf der Oberfläche der Sprossachse eine Spirallinie dar, welche als **genetische Spirale** oder **Grundspirale** bezeichnet wird. Die Blätter sind in der Regel in annähernd gleichen Abständen auf dieser Spirale vertheilt. Der Bruchtheil eines Spiralenumlaufes, welcher zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Blättern liegt, wird, in Zahlen ausgedrückt, als die **Divergenz** der Blattstellung bezeichnet. Als häufigste Divergenzen sind die folgenden zu nennen: $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$ u. s. f. Dieselben stellen die Glieder einer Reihe dar, in welcher der Zähler und der Nenner jedes Bruches die Summe der beiden voraufgehenden Zähler respektive Nenner darstellt. Indessen kommen Divergenzen wie $^2/_7$, $^2/_9$, $^2/_{11}$ u. a. m., welche nicht in diese Reihe passen, nicht gerade selten vor.



Figur 13.
Schema der Spiralstellung mit $^2/_5$ Divergenz. 0—5 die aufeinanderfolgenden Blattinsertionen.

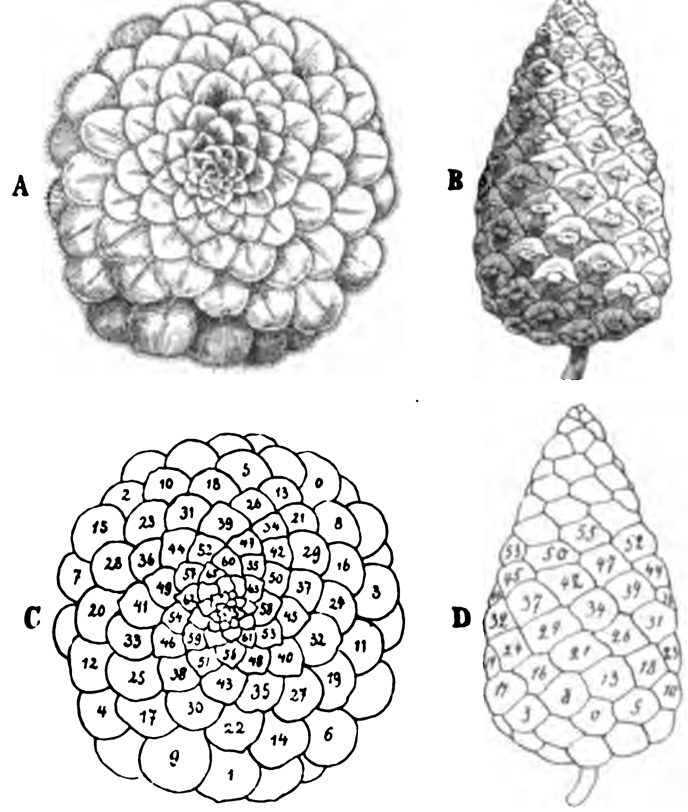
Um in einem konkreten Falle die Divergenz der Blattstellung zu bestimmen, verfährt man am besten in der Weise, dass man an dem Sprosse zwei genau übereinander stehende Blätter aufsucht und von dem einen derselben mit Null anfangend alle Blätter auf der Grundspirale abzählt bis zu dem andern. Zugleich hat

man darauf zu achten, wie viele Spiralenumläufe die Grundspirale von dem Nullpunkt bis zu dem Endpunkt der Zählung durchläuft. Indem man die Zahl der Umläufe durch die Zahl der auf ihnen vorhandenen Blätter theilt, erhält man den Theil eines Spiralumlaufes, welcher zwischen je zwei Blättern liegt, d. h. die Divergenz der Blattstellung. An dem in Figur 14 abgebildeten Sprossstück von Ledum palustre z. B. stehen die Blätter 0 und 8 genau übereinander. Wenn wir der Reihenfolge der Blätter von 0 bis 8 auf der Grundspirale folgen, so müssen wir drei volle Spiralenumläufe beschreiben. Die Differenz ist also $= {}^3/_8$.



Figur 14.

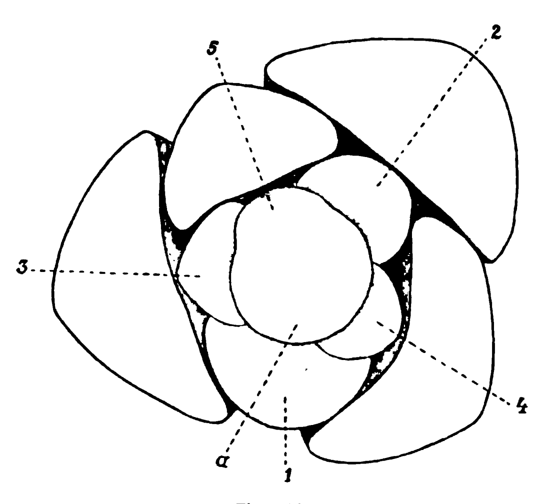
Spross von Ledum palustre. Die Blätter stehen in $^3/_8$ Divergenz.



Figur 15.

A Blattrosette von Sempervivum tabulaeforme. *B* Zapfen von Pinus maritima. *C* und *D* dieselben Objekte mit Numerirung der Blätter (nach Payer, *D* mit berichtigter Numerirung).

Wenn an einer kurzen Sprossachse sehr zahlreiche Blätter dicht gedrängt vorhanden sind, so lässt sich die Grundspirale nicht leicht direkt auffinden. Man erkennt aber auch dann das Vorhandensein einer regelmässigen Anordnung der Glieder. Die Blätter erscheinen in nebeneinander verlaufenden Schrägreihen angeordnet, welche **Parastichen** genannt werden. Es lassen sich in jedem Falle mehrere Systeme von Parastichen unterscheiden, je nachdem man nahe liegende oder entferntere Blätter zu Reihen verbindet, und je nachdem man die Reihen in rechtsläufiger oder linksläufiger Spirale verfolgt. In der vorstehenden Abbildung (Fig. 15 *D*) bilden die Blätter 0, 8, 16, 24 eine Parastiche, ebenso die Blätter 0, 5, 10 und 0, 13, 26, 39. Die Reihen, welche durch die genau übereinander liegenden Blätter gebildet werden, heissen **Orthostichen**. Die Blätter 0, 21, 42, 63 an dem abgebildeten Sprosse von Sempervivum stellen eine Orthostiche dar. Durch eine rein mathematische Kalkulation ergibt sich, dass die Differenz zwischen den Nummern der aufeinander folgenden Blätter einer Parastiche gleich der Zahl der gleichgerichteten Parastichen sein muss. Man kann also aus der Zahl der vorhandenen gleichgerichteten Parastichen die Nummer bestimmen, welche jedem einzelnen Gliede einer Parastiche bei beliebiger Fixirung des Nullpunktes zukommt. Indem man zwei sich kreuzende Parastichensysteme zu dieser Bestimmung benutzt, findet man leicht die Nummer jedes einzelnen Blattes und ist dann im Stande, die Grundspirale zu verfolgen und die Divergenz der Blattstellung in der oben angegebenen Weise zu bestimmen.



Figur 16.

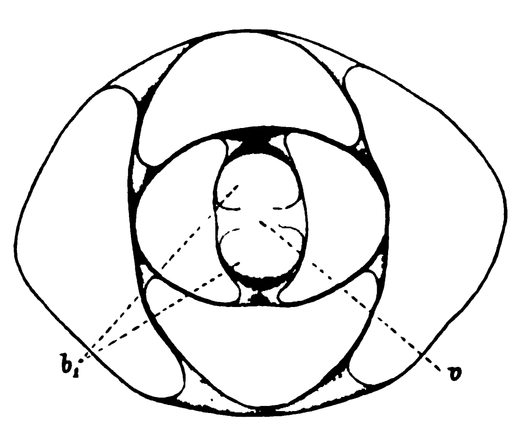
Sprossgipfel von Cryptomeria japonica von oben ($^{140}/_1$). Die Blattanlagen folgen in der durch die Zahlen bezeichneten Reihenfolge aufeinander. 5 jüngstes Primordialblatt. *a* die Stelle des Vegetationspunktes, an welcher das nächstfolgende Blatt entstehen würde.

Die mathematische Regelmässigkeit, welche in der Blattstellung zum Ausdruck kommt, lässt sich zum Theil auf die Entstehungsweise der Blätter am Vegetationspunkt zurückführen, für welche im Allgemeinen das Gesetz Geltung hat, dass die aufeinanderfolgenden Primordialblätter stets dort angelegt werden, wo in grösstmöglicher Entfernung vom Scheitel des fortwachsenden Vegetationspunktes der grösste freie Theil der jungen Sprossoberfläche zur Verfügung steht. Die Figur 16 stellt einen Sprossgipfel von oben gesehen dar. Die an demselben vorhandenen Blattanlagen stehen in $^2/_5$ Divergenz. Nach dem angegebenen Gesetz muss das nächste Blatt zwischen den Primordien 3 und 4 an der

durch den Buchstaben *a* bezeichneten Stelle des Vegetationskegels angelegt werden. Es fällt also gerade über das vorhandene Blatt 1 und setzt die Spirale regelrecht in der $^{2}/_{5}$ Divergenz fort. Das Alterniren der aufeinanderfolgenden Wirtel bei Quirlstellung der Blätter ist, wie Figur 17 zeigt, durch dieses Gesetz gleichfalls erklärt.

Wenn das Wachsthum des Vegetationspunktes eingestellt wird, wenn also alle vorhandene embryonale Substanz zur Ausbildung von Blättern aufgebraucht wird, wie das bei der Blüthenbildung der Samenpflanzen der Fall ist, so verliert das Gesetz von der Entstehungsfolge der Blätter seine Geltung. Es treten dann oft weitgehende Aenderungen in der Blattstellung ein. Da auch hinsichtlich der Gestalt und Beschaffenheit der Blätter und der Sprossachse die Blüthensprosse wesentlich von den vegetativen Sprossen verschieden sind, so wird neben der Morphologie des vegetativen Sprosses diejenige des Blüthensprosses weiter unten in einem besonderen Kapitel eingehender besprochen werden.

Das Gesetz von der Blattstellung ist zum Theil durch äussere, rein mechanische Ursachen bedingt. Eine neue Blattanlage kann immer nur dort entstehen, wo auf der Oberfläche des Sprossgipfels Platz für dieselbe vorhanden ist und wo ihre Ausgliederung nicht durch das Vorhandensein anderer Anlagen unterdrückt wird. Andererseits beweist aber schon das abweichende Verhalten der Blüthen, dass auch innere, in der Beschaffenheit der Sprossachse begründete, Ursachen für das Zustandekommen der Blattstellung mit in Wirkung treten.



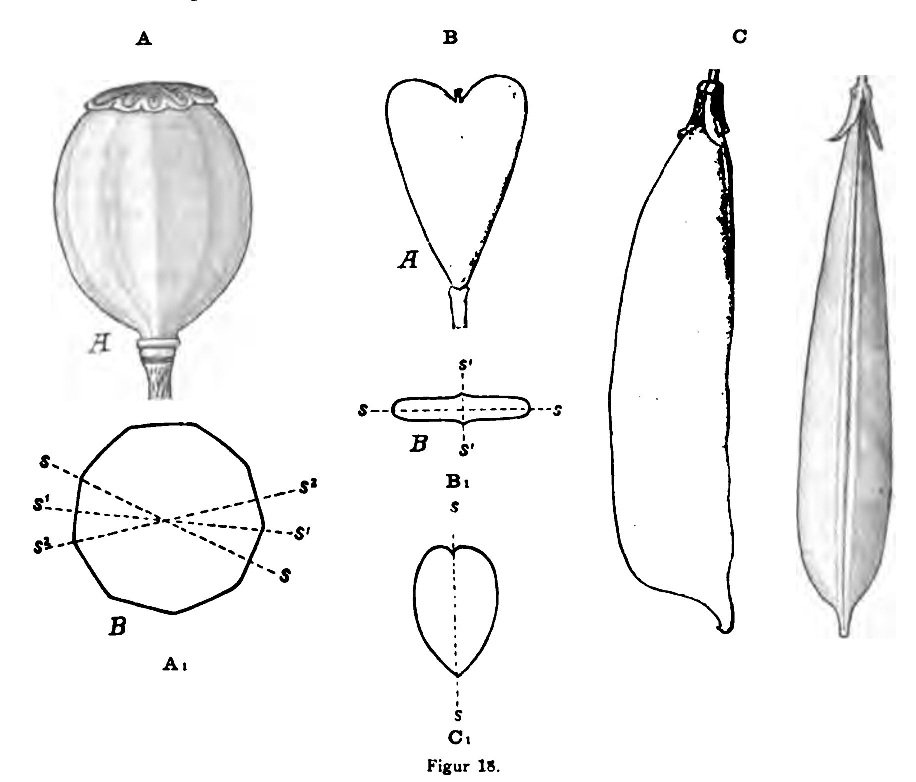
Figur 17.

Sprossgipfel von Syringa vulgaris von oben ($^{70}/_{1}$).
v Vegetationspunkt. b_1 jüngstes Blattpaar.

Gelegentlich wird die Blattstellung durch innere oder äussere Ursachen derart beeinflusst, dass die Blätter nicht gleichmässig nach allen Seiten um die Sprossachse angeordnet sind, sei es nun, dass die ursprünglich regelmässig stehenden Anlagen später durch Wachsthum verschoben worden sind, oder sei es, dass schon am Vegetationspunkt die Unregelmässigkeit eintritt. Auf diese Weise kommen Sprossformen zu Stande, welche als bilaterale und dorsiventrale den regelmässig radiär gebauten gegenüberstehen.

Die Ausdrücke radiär, bilateral und dorsiventral, welche nicht nur zur Unterscheidung der Ausbildungsformen der Beblätterung, sondern überhaupt zur Charakterisirung der Symmetrieverhältnisse des Pflanzenkörpers und seiner Theile verwendet werden, sind von den Autoren zum Theil in verschiedener Bedeutung verwendet worden. Als **radiär** soll im Folgenden ein Gebilde bezeichnet werden, wenn dasselbe eine gleich-

mässige Anordnung seiner Theile rings um eine Achse aufweist. Ein solches Gebilde lässt sich durch drei oder mehr durch seine Achse gelegte Ebenen in zwei symmetrische Hälften zerlegen. Eine Fichte, etwa ein Weihnachtsbaum, dessen Seitenzweige alle annähernd gleichmässig rings um die Hauptachse, den Stamm, ausgebreitet sind, ist radiär gebaut, ebenso zeigt eine Mohnkapsel oder eine Mohrrübe radiäre Symmetrie. Die **bilaterale** Symmetrie ist darin ausgesprochen, dass die Ausbildung und Anordnung der Theile nach zwei entgegengesetzten Seiten der Haupt-



Figur 18.

A Kapsel von Papaver umbrosum. **B** Schote von Capsella Bursa pastoris ($^2/_1$). **C** Hülse von Pisum. **A₁ B₁ C₁** die Querschnitte der Gebilde, welche zeigen, dass **A** radiär, **B** bilateral und **C** dorsiventral gebaut ist. *s—s* Symmetrieebene.

achse hin eine wesentlich andere ist als in der dazu senkrechten Richtung. Bekannte Beispiele bieten der oberirdische Theil einer Schwertlilie und das Schötchen des Hirtentäschelkrautes. Die bilateralen Gebilde lassen sich durch zwei durch die Längsachse gelegte aufeinander senkrechte Ebenen in symmetrische Hälften zerlegen. Bei den **dorsiventralen** Gebilden ist eine symmetrische Theilung nur in einer einzigen Richtung möglich. Man kann an denselben eine verschieden ausgebildete Bauch- und Rückenseite unterscheiden und die Ebene, welche durch die Mittellinie dieser beiden Seiten gelegt wird, ist die Symmetrieebene. Die am

Boden kriechenden Sprosse vieler Pflanzen, die Hülsen der Erbse, sind Beispiele für dorsiventralen Bau. Es kann sich bei den organischen Gebilden natürlich nicht um eine vollständige mathematische Symmetrie handeln. Bei der Fichte und dem Irisspross sind die seitlichen Organe nicht auf gleicher Höhe an der Achse eingefügt; an den Kapseln, Schoten und Hülsen sind immer kleine Unregelmässigkeiten vorhanden. Es gibt indess auch eine Reihe von dorsiventralen Pflanzen und Pflanzentheilen, bei denen, selbst wenn man von kleinen unwesentlichen oder zufälligen Unregelmässigkeiten absehen will, eine Symmetrie nicht vorhanden ist. Als Beispiel für einen solchen gänzlich **unsymmetrischen** Bau möge das Blatt der Begonien angeführt werden (Fig. 19).



Figur 19.
Unsymmetrisches Blatt von Begonia.

4. Der Thallus.

Nicht bei allen polar gebauten Pflanzen ist der Spross so gegliedert, dass wir an demselben eine Sprossachse und seitliche Organe, die Blätter, unterscheiden können. Schon bei vereinzelten Samenpflanzen, weit häufiger aber bei den Lebermoosen und fast ausnahmslos bei den Algen und Pilzen ist der Spross ein ungegliederter oder wenig gegliederter Gewebekörper, den man als **Thallus** bezeichnet. Ein einfaches Beispiel eines thallosen Sprosses bietet das auf Seite 4 abgebildete Botrydium granulatum. Der Spross bleibt dort auch auf der höchsten Stufe der Entwickelung unverzweigt. Bei andern Algen ist der Spross oft reichlich verzweigt, wofür die Abbildung Figur 6 *B* auf Seite 8 ein Beispiel bietet. Bei den thallosen Lebermoosen ist der Spross ein dorsiventral gebautes, laubartig ausgebreitetes Gebilde, welches dem Boden angeschmiegt wächst und meistens dichotomisch in Seitensprosse zertheilt ist.



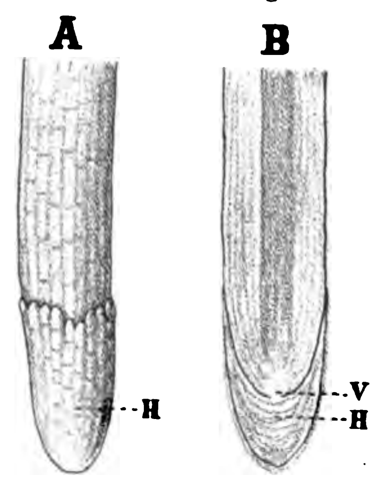
Figur 20.
Dorsiventral gebauter, thalloser Spross des Lebermooses Marchantia polymorpha, welcher mit einem dichten Filz von Haarwurzeln am Boden befestigt ist.

An die Pflanzen mit thallosem Spross schliessen sich nach unten hin Gewächse an, deren einfacher Vegetationskörper eine Unterscheidung von Spross und Wurzel ausschliesst. Dahin gehören die Fadenalgen, deren einige noch in der Ausbildung der einzelnen Zellen eine Differenz zwischen Basis und Spitze deutlich erkennen lassen, während andere der Polarität entbehren, — ferner die meisten einzelligen Pflanzen und endlich die Schleimpilze, deren Vegetationskörper schleim- oder salbenartige Massen ohne bestimmte Formen sind.

Zweites Kapitel. Die Wurzel.

1. Die typische Wurzel der Gefässpflanzen.

Als Wurzel im weitesten Sinne ist im ersten Kapitel derjenige Theil des Pflanzenkörpers bezeichnet worden, welcher nach abwärts wachsend die Pflanze an der Unterlage festheftet und die Zufuhr von Wasser und Nährstoffen aus der letzteren vermittelt. In den verschiedenen Abtheilungen des Pflanzenreiches zeigen die Wurzeln und wurzelähnlichen Organe eine sehr verschiedene Form und Ausbildung Die höchst entwickelten Wurzeln treffen wir bei den Gefässpflanzen, d. i. den Samenpflanzen und den Farnpflanzen an. Dieselben haben im jugendlichen Zustande die Gestalt eines langgestreckten Cylinders, welcher sich nach dem unteren Ende, der Wurzelspitze hin ein wenig verschmälert und abrundet.



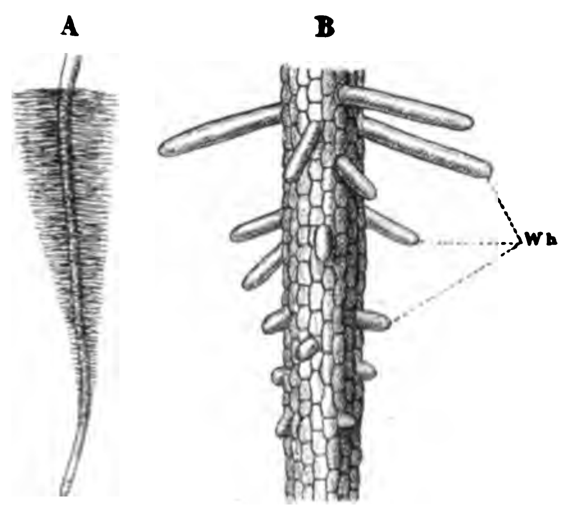
Figur 21.

A Spitze einer Wurzel von Urtica dioica ($^{70}/_{1}$). **B** Längsschnitt durch die Wurzelspitze von Acorus Calamus ($^{14}/_{1}$). *V* Vegetationspunkt, *H* Wurzelhaube.

Die **Wurzelhaube.** — Das Längenwachsthum der Wurzel wird durch ein embryonales Gewebe, den Vegetationspunkt der Wurzel, vermittelt. Derselbe liegt nahe hinter der äussersten Spitze der Wurzel; er wird nach aussen hin von der Wurzelhaube überdeckt. Die Wurzelhaube, welche von dem Vegetationspunkt her fortgesetzt einen Zuwachs erfährt und also ihre jüngsten Theile nach innen, die älteren ausgewachsenen nach aussen kehrt, ist wie ein Futteral (Fig. 21) über die Spitze der Wurzel gezogen und schützt das weiche Gewebe des Vegetationspunktes gegen mechanische Verletzung, zugleich verhindert dieselbe auch, dass die sehr inhaltsreichen jugendlichen Gewebetheile von dem mit der Wurzelspitze in Berührung kommenden Wasser ausgelaugt werden. Die meisten Wurzeln entwickeln sich im Erdboden, bei wenigen geht die Entwickelung im Wasser vor sich. Bei den in den Boden eindringenden

Wurzeln hat die Wurzelhaube noch eine andere Funktion zu erfüllen. Indem nämlich die äusseren Zellen der Wurzelhaube zu Schleim verquellen, bekommt die Wurzelspitze eine schlüpfrige Beschaffenheit, welche das Eindringen derselben zwischen die Bestandtheile des Erdbodens ermöglicht oder doch wesentlich erleichtert.

Die **Wurzelhaare**. — Für die Vermittelung der Aufnahme von Wasser und löslichen Nährstoffen aus dem Boden sind an den Wurzeln eigene Organe, die Wurzelhaare, vorhanden. Dieselben haben die Gestalt langer, dünner, cylindrischer Schläuche und bedecken in dichtem Filz die Oberfläche der jugendlichen Wurzeltheile kurz hinter der von der Wurzelhaube überzogenen Wurzelspitze (Fig. 22). Wenn durch das Wachsthum der Spitze neue Oberflächentheile aus der Wurzelhaube hervorgeschoben werden, beginnt alsbald auf ihnen die Entwickelung der Wurzelhaare. Dieselben treten zuerst als winzige Höckerchen über die Oberfläche hervor und wachsen schnell heran, indem sie sich zwischen die Bodenpartikelchen hineinschieben und innig mit denselben verwachsen. Wie in dem Abschnitt über die Physiologie später eingehender zu erörtern sein wird, nehmen die Wurzelhaare aus den mit ihnen in Berührung befindlichen Bodentheilen und aus dem zwischen denselben vorhandenen Wasser direkt anorganische Nährstoffe im gelösten Zustande auf und führen sie dem Wurzelkörper zu, durch dessen Leitbahnen sie in den Spross und in die Blätter gelangen, wo unter der Einwirkung des Lichtes die Assimilation, d. h. der Aufbau komplizirter organischer Verbindungen aus der anorganischen Materie vor sich geht.

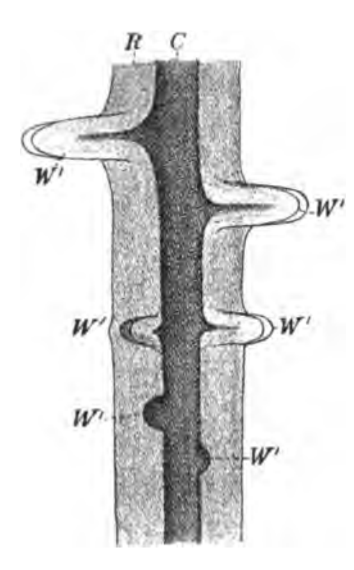


Figur 22.

A Spitze der Wurzel von Lepidium sativum (4/1.) Die Oberfläche ist bis nahe zur Spitze mit Wurzelhaaren bedeckt. **B** Theil einer Wurzel von Trianea bogotensis mit jungen Wurzelhaaren *Wh* (35/1).

Die Wurzelhaare besitzen nur eine kurze Lebensdauer, auch im günstigsten Falle gehen dieselben wenige Centimeter weit hinter der fortwachsenden Wurzelspitze zu Grunde, während weiter vorne durch die neuentstehenden Haare ein Ersatz gebildet wird. Indem die Spitzen der Haupt- und Seitenwurzeln stetig weiter im Boden vorrücken, werden die immerfort neu gebildeten Wurzelhaare mit immer neuen Bodentheilen in Berührung gebracht, so dass eine möglichst vollständige Ausnutzung aller im Boden vorhandenen Nährstoffe durch die Pflanze erfolgen kann.

Die Seitenwurzeln. — Die Verzweigung der Hauptwurzel geht von dem embryonalen Gewebe an der Wurzelspitze aus in der Weise, dass die neu auftretenden Vegetationspunkte der Seitenwurzeln als direkte Abkömmlinge, als abgetrennte Theile des Vegetationspunktes der Hauptwurzel anzusehen sind. Kurz hinter der fortwachsenden Spitze treten im Innern des Wurzelkörpers die ersten Anlagen der Seitenwurzeln auf, an denen der Vegetationspunkt und die ihn bedeckende Wurzelhaube sehr bald deutlich zu erkennen sind. Indem die Anlage sich durch Wachsthum verlängert, durchbricht sie die sie bedeckenden Gewebeschichten der Hauptwurzel und tritt freiwerdend in den Boden ein. Sie verhält sich dann bezüglich des Wachsthums und der Verzweigung analog wie die Hauptwurzel. In Folge der Beziehung, welche zwischen dem anatomischen Bau der Wurzeln und der Anlage der an ihnen entstehenden Seitenwurzeln besteht, sind die letzteren anfänglich in meist regelmässigen Längsreihen an der Abstammungsachse angeordnet. Später pflegen aber zwischen den vorhandenen Seitenwurzeln an beliebigen Stellen andere Seitenwurzeln hervorzubrechen, so dass dadurch die Regelmässigkeit der Anordnung gestört wird.



Figur 23.

Längsschnitt durch eine Wurzel von Ranunculus repens mit Seitenwurzeln W_1, welche an dem Centralkörper C der Wurzel entspringen und die Rinde R durchbrechen. Die Figur ist etwas schematisch. Um mehrere verschieden grosse Anlagen von Seitenwurzeln zeigen zu können, wurden die Zwischenstücke der Wurzel verkürzt gezeichnet ($^{12}/_1$).

Die Wachsthumsrichtung der Hauptwurzel und der Seitenwurzeln niedern Grades ist, wie später gezeigt werden soll, abhängig von der Wirkung der Schwerkraft. Die Befestigung der Pflanze im Erdboden wird wesentlich dadurch erreicht und erhöht, dass die Seitenwurzeln eine von der Hauptwurzel verschiedene Richtung einschlagen und so, indem sie nach allen Seiten hin mit dem Erdreich verwachsen, den Pflanzenstamm sicher verankern.

Die Hauptwurzel, welche, wie früher erwähnt wurde, direkt aus der Keimwurzel des Embryos hervorgegangen ist und, räumlich verstanden, die Fortsetzung des Hauptsprosses nach unten hin darstellt, erfährt bei vielen Gewächsen, z. B. den Eichen, eine mächtige Entwickelung, sie bildet die **Pfahlwurzel**, als deren seitliche Anhängsel die Seitenwurzeln erscheinen. Bei anderen Pflanzen, z. B. den Pappeln, bleibt die Hauptwurzel schwach, während die flach im Boden hinstreichenden Seitenwurzeln sich kräftig entwickeln und ein weit ausgreifendes Wurzelsystem bilden.

2. Die Adventivwurzeln.

Nicht selten ist der Fall, dass die Anlage der Hauptwurzel schon in einem sehr frühen Entwickelungsstadium vollständig verkümmert. Die Festheftung der Pflanze und die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen wird dann durch Wurzeln besorgt, welche sekundär aus der Sprossachse entstehen, und welche als Adventivwurzeln im weitern Sinne zu bezeichnen sind (Fig. 24).



Figur 24.
Spross von Veronica Beccabunga mit Adventivwurzeln W ($^1/_1$).

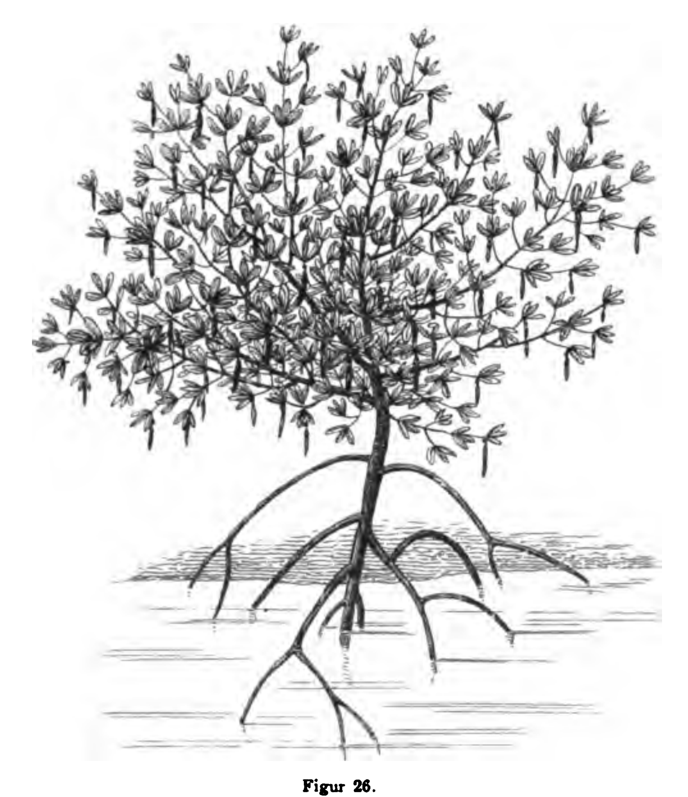
Figur 25.
An einem Baumstamm emporwachsende Monstera deliciosa mit langen Luftwurzeln W (ca. $^1/_{40}$).

So entbehren z. B. alle monokotylen Samenpflanzen, selbst die riesigen Palmen, der Hauptwurzel. Ein Wurzelsystem, welches statt aus einer monopodial verzweigten Hauptwurzel, aus zahlreichen büschelig neben einander stehenden Adventivwurzeln besteht, wird als Faserwurzel bezeichnet.

In der Regel entspringen die Adventivwurzeln aus den dem Boden genäherten oder in denselben versenkten Knoten der Sprossachse; sie stehen entweder ringsum ziemlich gleichmässig vertheilt, wie es bei den

meisten Monokotylen der Fall ist, oder vorwiegend unter oder neben der Blattinsertion oder an der derselben entgegengesetzten Seite des Sprosses. Bei einigen dikotylen Pflanzen entspringen sie aus der Achsel der Blätter. Nur in verhältnissmässig wenigen Fällen stehen die Adventivwurzeln zu der Blattstellung in keiner nachweisbaren Beziehung; so können z. B. aus den Internodien der Weiden und anderer Holzgewächse Wurzeln (Adventivwurzeln im engern Sinne) entspringen.

Luftwurzeln. — Während bei den einheimischen Gewächsen die Adventivwurzeln meist in geringer Höhe über dem Erdboden aus dem



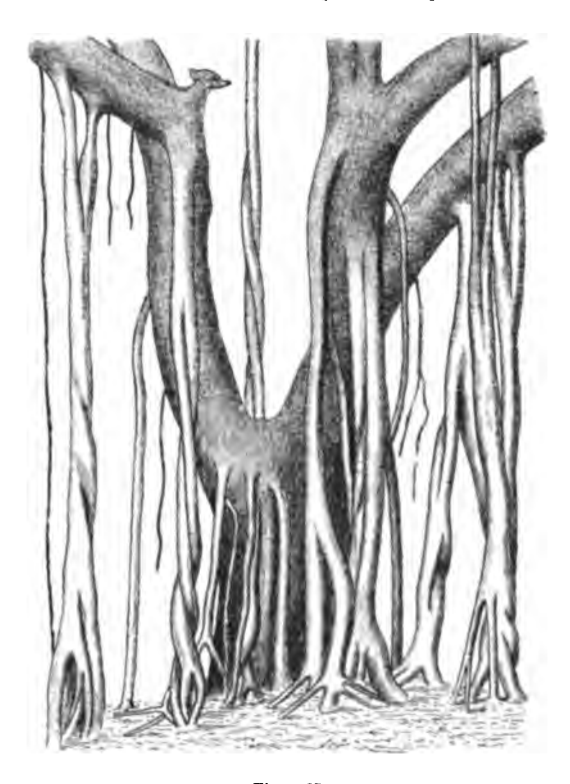
Figur 26.
Rhizophora mucronata mit Stelzwurzeln (stark verkleinert).

Spross hervorbrechen und alsbald in den Boden eindringen, werden bei manchen tropischen und subtropischen Pflanzen, z. B. bei vielen Aroideen, auch an höher gelegenen Theilen des Sprosses Wurzeln ausgebildet. Dieselben werden als Luftwurzeln bezeichnet (Fig. 25). Sie wachsen in der Regel senkrecht abwärts und verzweigen sich, sobald sie in den Erdboden eingedrungen sind.

Bei vielen tropischen Orchideen und auch bei einigen Aroideen mit epiphytischer Lebensweise finden wir an den Luftwurzeln besondere Einrichtungen, welche diese Organe in Stand setzen, Wasser aufzusaugen,

auch wenn sie nicht mit dem Erdboden in Berührung stehen. Die Luftwurzeln sind dort nämlich mit einem porösen Gewebe, der **Wurzelhülle,** umgeben, welches sich bei Regen oder Thaubildung mit Wasser vollsaugt, so dass den Pflanzen auch während der trockenen Zeit des Tages die zur Unterhaltung ihrer Lebensprozesse nöthige Feuchtigkeit zur Verfügung steht.

Stelzwurzeln. — Eine hierher gehörige Erscheinung ist ferner die Bildung von Stelzwurzeln zur Aufrechterhaltung der Sprossachse. An seichten, brandungslosen Küsten tropischer Meere findet sich häufig eine eigenthümliche Vegetation von Bäumen und Sträuchern aus verschiedenen Verwandtschaftskreisen, welche als Mangroveformation bezeichnet wird. Zur Fluthzeit stehen die Pflanzen im Wasser, während der Ebbe ist der sie tragende Schlickboden blossgelegt. Der untere Theil der Stämme ist gewöhnlich nur schwach entwickelt, er stirbt bisweilen gänzlich ab; weiter oben entspringen am Spross starke Adventivwurzeln, welche sich bogenförmig nach unten wenden und in den Boden eindringen, so dass die ganze Pflanze von ihnen wie durch Strebepfeiler aufrecht gehalten wird (Fig. 26). Aehnliche Stelzwurzeln kommen gelegentlich auch bei Pflanzen des festen Landes, z. B. bei einigen Palmen, vor.

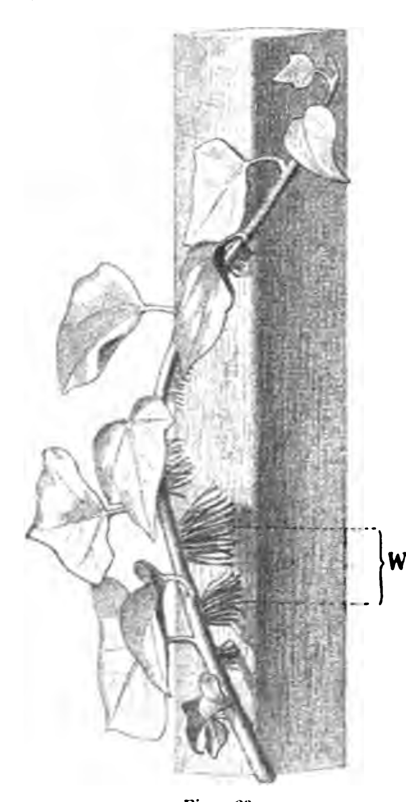


Figur 27.
Stamm und Hauptäste von Ficus religiosa mit Stützwurzeln (stark verkleinert).

Stützwurzeln. — Eine auffällige Erscheinung bieten die Luftwurzeln einiger tropischen Feigenbäume dar. Die an den horizontal gerichteten Zweigen entspringenden Adventivwurzeln hängen anfangs als schlaffe, unverzweigte Stränge von oben herab. Sobald sie den Erdboden erreichen, dringt die Wurzelspitze ein und bildet Seitenwurzeln aus, welche das Gebilde im Boden befestigen. Durch eine alsbald eintretende Verkürzung des älteren Theiles wird die Luftwurzel straff gespannt und vermag nun ihre Funktionen, Befestigung der Pflanze am Substrat und Aufnahme von Wasser und Nährstoffen, zu erfüllen. Später erfährt dann der Körper der Luftwurzeln noch ein beträchtliches Dickenwachsthum, so

dass die Wurzeln zugleich kräftige Stützpfeiler für die weitausgebreiteten Zweige dieser Bäume bilden. Ein älteres Exemplar von Ficus religiosa gleicht in Folge der Stützwurzelbildung einem ganzen Walde von einzelnen Stämmen (Fig. 27).

Haftwurzeln. — Wie in den angeführten Fällen die Erhaltung des Stammes in aufrechter Stellung durch die Ausbildung der Luftwurzeln zu Stelz- und Stützwurzeln bewirkt wird, so finden wir bei anderen Pflanzen die Fixirung des Sprosses in seiner vortheilhaftesten Lage dadurch erreicht, dass er durch Luftwurzeln an einer vertikalen Unterlage, einer Felsenwand, einer Mauer, einem Baumstamm, festgeheftet wird. Ein Beispiel für diese Wurzelart, die man als Haftwurzel bezeichnet, bietet unter den einheimischen Gewächsen der Epheu. An dem schlanken, biegsamen Stamme entspringen auf der dem Substrat zugekehrten Seite zahlreiche faserförmige Adventivwurzeln, welche in die Ritzen und Unebenheiten der Unterlage eindringend den Spross befestigen und ihm ermöglichen, höher und höher emporzuklettern (Fig. 28). In dem Wurzelsystem des Epheu ist gewissermassen eine Arbeitstheilung eingetreten. Während die im Boden steckenden Wurzeln die Aufnahme von Wasser und Nahrung besorgen, dienen die Luftwurzeln nur zur Befestigung der Pflanze an der Unterlage. Eine ähnliche Arbeitstheilung ist im Wurzelsystem einiger tropischen Gewächse vorhanden, welche epiphytisch, d. h. vom Erdboden entfernt auf den Zweigen grösserer Bäume oder auf Felsblöcken leben. Die Nährwurzeln senken sich von dem erhöhten Standorte aus auf kürzestem Wege zum Erdboden und dringen in denselben ein; die kürzer bleibenden Haftwurzeln wickeln sich um die Aeste des von der Pflanze bewohnten Baumes oder schmiegen sich der Oberfläche derselben dicht an und befestigen so die Pflanze auf ihrem Wohnplatze.

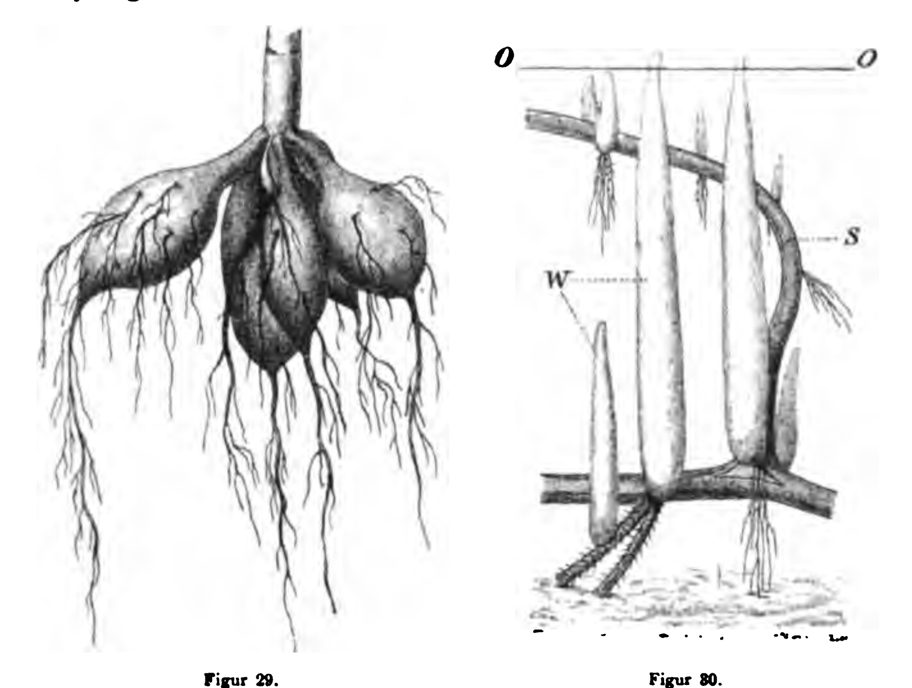


Figur 28.
Spross von Hedera Helix mit Haftwurzeln *W* an einer Spalierstange befestigt (1/2).

3. Metamorphosirte Wurzeln.

Gelegentlich haben die Wurzeln der Pflanzen neben oder anstatt der Funktion der Wasser- und Nährstoffaufnahme und der Befestigung der Pflanze am Erdboden andere Lebensverrichtungen übernommen. Wir finden dann in Beziehung zu der neuen Funktion auch den Bau und die Ausbildung der Wurzeln eigenthümlich verändert.

Wurzeln als Reservestoffbehälter. — Bei vielen Pflanzen mit mehrjähriger Lebensdauer werden die Wurzeln zu Reservestoffbehältern



Figur 29.

Wurzelknollen von Dahlia variabilis ($^1/_1$).

Figur 30.

Sprossstück von Jussiaea repens mit Athemwurzeln *W*. *S* unterer Theil eines beblätterten Seitensprosses. *O*—*O* Wasseroberfläche ($^1/_1$).

ausgebildet, in denen organische Bildungsstoffe, welche von der Pflanze während einer Vegetationsperiode produzirt worden sind, abgelagert werden, um nach Ablauf einer Ruhezeit beim Beginn der neuen Vegetationsperiode den neuentstehenden Sprossen zur Nahrung zu dienen. Der Wurzelkörper wird dabei oft sehr stark fleischig verdickt, so dass Knollen oder Rüben entstehen.

Ein bekanntes Beispiel für die Bildung von Wurzelknollen bietet die in den Gärten häufig gezogene Georgine, Dahlia variabilis dar, deren Wurzelsystem im Herbst eine grössere Anzahl von knollig verdickten Wurzeln besitzt (Fig. 29). Auch die Knollen der einheimischen Orchideen,

der Salep des Handels, sind Wurzeln, welche zu Reservestoffbehältern umgebildet wurden, und zwar entspricht jede Knolle einer grösseren Anzahl von miteinander zusammengewachsenen Wurzeln. Wenn nur die spindelförmig anschwellende Hauptwurzel eines Wurzelsystems zum Reservestoffbehälter wird, so entsteht eine Rübe. Meist nimmt dann auch der untere Theil des Sprosses noch mit an der Rübenbildung Theil. Beispiele dafür sind die als Gemüse bekannten Mohrrüben, Steckrüben u. a. m.



Figur 31.

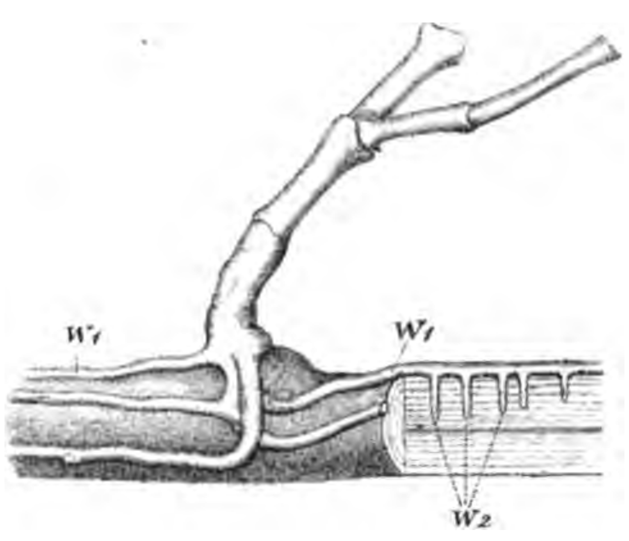
Taeniophyllum Zollingeri, eine Orchidee, deren bandartig verbreiterte Luftwurzeln als Assimilationsorgane dienen an Stelle der verkümmerten Laubblätter, *J* Blüthenspross (nach Goebel).

Athemwurzeln. — Einige Pflanzen, welche ihr Wurzelsystem in sauerstoffarmem Sumpfboden oder stagnirendem Wasser entwickeln, besitzen besonders ausgebildete Wurzeln, welche mit der atmosphärischen Luft in Verbindung treten und den tiefer im Wasser oder im Boden lebenden Sprosstheilen und Wurzeln die Athemluft zuführen. Derartige Athemwurzeln verhalten sich insofern von den normalen Wurzeln abweichend, als sie ihre Spitze nach aufwärts emporrichten und ein begrenztes Längenwachsthum besitzen. Die Athemwurzeln sind meist stark gedunsen und

erscheinen in Folge des lockeren Gewebeverbandes und der in ihnen enthaltenen Luft weiss gefärbt. Sehr charakteristisch sind die Athemwurzeln bei einigen Arten der Gattung Jussiaea ausgebildet (Fig. 30), indess kommen auch in andern Abtheilungen des Pflanzenreiches Beispiele vor.

Wurzeln als Assimilationsorgane. — Eine ganz eigenthümliche Funktionsänderung ist an den Luftwurzeln einiger epiphyticher Orchideen konstatirt worden. Bei Taeniophyllum Zollingeri z. B. ist der Spross sehr stark reduzirt, vor allen Dingen fehlen die Laubblätter gänzlich, denen normaler Weise bei den Pflanzen die Assimilation, d. i. die Verarbeitung der anorganischen Pflanzennahrung zu organischen Verbindungen, zukommt. Diese Verrichtung ist auf die Luftwurzeln übergegangen, dieselben sind zu Assimilationsorganen geworden Sie haben dementsprechend eine flachbandartige Gestalt und sind mit Chlorophyll, dem grünen Farbstoff der Laubblätter, versehen, an dessen Vorhandensein der Assimilationsvorgang gebunden ist (Fig. 31).

Wurzeldornen. Bei einigen Pflanzen, z. B. der Palme Acanthorrhiza und andern sind einzelne Wurzeln zu scharfen Dornen umgewandelt und gewähren dadurch den Pflanzen einigen Schutz gegen die Beschädigung durch grössere Thiere.

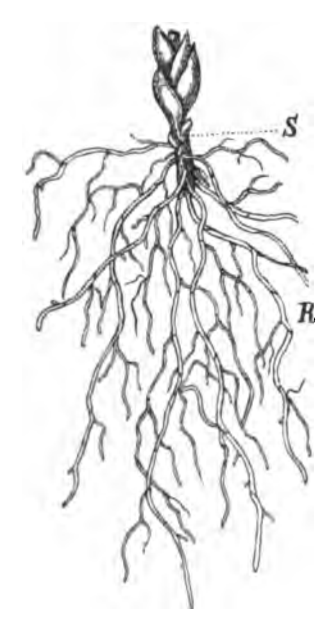


Figur 32.

Wurzelsystem von Viscum album, auf einem Kiefernast.
Die parallel zur Oberfläche des Astes verlaufenden Wurzeln W_1 sind durch Entfernung der Rinde freipräparirt. Am rechten Ende ist der Ast halbirt, so dass die radial eindringenden Saugorgane W_2 sichtbar sind.

Saugwurzeln der Schmarotzer. — Wir haben an dieser Stelle auch der umgebildeten Wurzeln der parasitisch lebenden Samenpflanzen zu gedenken. Manche Gewächse sind nicht im Stande, sich durch Verarbeitung anorganischer Nährstoffe selbstständig zu erhalten, sie sind darauf angewiesen, vorhandene organische Substanzen sich anzueignen und zum Aufbau ihres Vegetationskörpers zu verwenden. Einige derselben finden in den abgestorbenen, in Zerfall begriffenen Körpern von Thieren und Pflanzen die nöthige organische Nahrung, sie werden als Saprophyten bezeichnet, andere dagegen, die Schmarotzer oder Parasiten, entziehen zu ihrem Unterhalt andern lebenden Pflanzen organische Substanzen. Bei den parasitischen Samenpflanzen finden wir entsprechend

diesei eigenthümlichen Art der Nahrungsaufnahme auch die die Aufnahme vermittelnden Organe, die Wurzeln wesentlich verändert; sie bilden **Saugorgane, Haustorien,** welche ganz oder theilweise in das Gewebe der befallenen Pflanze eingesenkt werden. Zahlreiche Beispiele finden sich auch unter den einheimischen Gewächsen. Die Orobanchen, die Rhinanthusarten und manche ihrer Verwandten besitzen zu Anfang normal gebaute Wurzeln, welche sich im Boden ausbreiten; später bilden sich an den Wurzeln, wo dieselben mit den Wurzeln benachbarter Pflanzen in Berührung treten, warzenförmige Auswüchse, von welchen aus Büschel feiner, haarförmiger Fortsätze in das Gewebe der Nachbarpflanze eindringen, um die organischen Nährstoffe aufzusaugen. Die Mistel, Viscum album, eine ebenfalls einheimische Schmarotzerpflanze, wächst auf den Zweigen grösserer Bäume, ihr ganzes Wurzelsystem ist in dem Gewebe der Wirthspflanze verborgen. Dasselbe besteht der Hauptsache nach aus Seitenwurzeln, welche aus der sehr kurz bleibenden Hauptwurzel entspringen und sich im Innern des bewohnten Zweiges, parallel zur Oberfläche, ausbreiten. Von diesen Wurzeln aus dringen zapfenförmige Saugorgane, die sogenannten Senker, in radialer Richtung in das Gewebe des Zweiges der Wirthspflanze hinein (Fig. 32).



Figur 33.
Unterer Theil eines Moosstämmchens *S* mit zahlreichen Rhizoiden *R* (14/1).

Reduzirte Wurzeln. — Eine mehr oder minder weitgehende Reduktion des Wurzelsystems findet sich bei den freischwimmenden Wasserpflanzen vor, bei denen die Bedeutung der Wurzel als Haftorgan fortfällt. Bei Azolla, einem freischwimmenden Wasserfarn, besitzen die Wurzeln ein begrenztes Längenwachsthum. Sobald die definitive Grösse erreicht ist, wird die Wurzelhaube abgeworfen und die Oberfläche der Wurzelspitze bedeckt sich mit Wurzelhaaren. Die Wurzeln einiger anderer Schwimmpflanzen, wie z. B. der einheimischen Wasserlinsen (Lemna), des Froschbiss (Hydrocharis) und anderer mehr, sind von Anfang an ohne eigentliche Wurzelhaube. Die Wurzelspitze ist bei ihnen von einer langen, haubenähnlichen, als Wurzeltasche bezeichneten Hülle umgeben, welche indes nicht aus dem Vegetationspunkt der Wurzelspitze hervorgegangen ist, sondern sich aus dem Gewebe der Abstammungsachse entwickelt hat, welches die Wurzeln bei ihrer Entstehung umgibt. Die meisten oberflächlich schwimmenden Pflanzen besitzen verhältnissmässig lange, ins Wasser hinabhängende Wurzeln, welche dem Pflanzenkörper einige Stabilität verleihen und verhindern, dass derselbe durch den Wind oder die Bewegung des Wassers umgeworfen wird.

Wurzellose Gefässpflanzen. — Gänzlich wurzellose Formen sind unter den Samenpflanzen und Farnen verhältnissmässig selten. Wir treffen einige derselben unter den Saprophyten und unter den Bewohnern sehr feuchter Standorte an. Wie leicht ersichtlich, müssen die physiologischen Funktionen, welche normaler Weise der Wurzel zukommen, dann von andern Theilen der Pflanze verrichtet werden. Bei den saprophytischen Orchideen Coralliorhiza innata und Epipogon Gmelini zum Beispiel, welche zu der einheimischen Flora gehören, ist der untere, im humusreichen Waldboden steckende Theil des Sprosses, das Rhizom, reich verzweigt und vermittelt neben der Fixirung der Pflanze auch die Aufnahme des Wassers und der Nährstoffe. Manchen urwaldbewohnenden Farnen aus der Familie der Hymenophyllaceen und den in feuchten Moosrasen lebenden exotischen Utricularien fehlen die Wurzeln ebenfalls gänzlich. Die Pflanzen werden durch die im Substrat umherkriechenden Sprosse genügend befestigt und die Fähigkeit der gesammten Sprossoberfläche, Wasser und darin aufgelöste Nährstoffe aufzunehmen, ersetzt den Mangel besonderer Organe für die Nahrungsaufnahme. Die im Wasser lebenden Utricularien, zu denen auch die einheimischen Arten gehören, schwimmen untergetaucht in stehenden oder langsam fliessenden Gewässern, sie bedürfen daher einer Festheftung an den Boden nicht und sind auch nicht der Gefahr ausgesetzt durch den Wind oder die Oberflächenbewegung des Wassers beschädigt zu werden. Dasselbe gilt von den oberflächlich schwimmenden wurzellosen Wasserlinsen, Wolffia arrhiza und andern. Bei Salvinia natans, einem wurzellosen Wasserfarn, übernehmen gewisse Blätter die Funktionen der Wurzeln.

4. Die Wurzel der niedern Pflanzen.

Bei den gefässlosen Pflanzen, den Moosen, Algen und Pilzen, finden wir, soweit überhaupt eine Differenzirung des Vegetationskörpers in Spross und Wurzel vorhanden ist, eine weit einfachere Ausbildung des Wurzelsystems, welche zu der einfacheren Lebensweise dieser Organismen in Beziehung steht.

Haarwurzeln. — Die Bewurzelung der Moose wird von einfachen oder verzweigten haarfeinen Fäden gebildet. Dieselben entstehen oberflächlich, also exogen, an dem Moosstämmchen; eine Wurzelhaube und ein Besatz von Wurzelhaaren ist bei ihnen nicht vorhanden, sie werden nur durch die Wachsthumsrichtung und durch die Funktion als Wurzelgebilde charakterisirt (Fig. 33). Gegenüber den typischen Wurzeln der Gefässpflanzen werden die Wurzelfäden der Moose als **Rhizoiden** oder als Haarwurzeln bezeichnet. Auch bei einigen Algen finden sich ähnliche Bildungen vor. Die in Tümpeln und Wasserläufen wachsenden Characeen oder Armleuchteralgen besitzen feine, haarförmige Wurzelfäden, welche sich büschelig verzweigen und tief in den Schlamm eindringen. Auch die in Figur 1 abgebildete kleine Grünalge, Botrydium granulatum, bietet ein Beispiel der Rhizoidbildung bei Algen dar.

Die Haftorgane der Meeresalgen. — Die meisten Algen sind Wasserbewohner und nehmen mit der gesammten Körperoberfläche die Nährstoffe aus dem Wasser in sich auf. Bei ihnen haben deshalb die wurzelähnlichen Organe, wofern überhaupt dergleichen vorhanden sind, nur die Bedeutung von Haft- und Klammerorganen. Sehr auffällig sind dieselben oft bei den grösseren Meeresalgen ausgebildet, welche an felsigen Gestaden wachsen, wo eben bei der starken Wasserbewegung eine sichere Befestigung an der Unterlage für die Pflanze von wesentlicher Bedeutung ist. Das flachscheibenförmige oder verzweigte krallenförmige Haftorgan verwächst dann vollständig mit dem Felsen, so dass es nicht unverletzt von demselben losgelöst werden kann.

Figur 34.
H Haftorgan der Meeresalge Macrocystis.
S unterer Theil des Sprosses.

Bei den Pilzen wächst gewöhnlich der ganze aus fadenförmigen Strängen gebildete Vegetationskörper, welcher als **Mycel** bezeichnet wird, in dem Substrat verborgen, nur die Fruchtträger, welche die der Vermehrung dienenden Zellen erzeugen, treten sprossartig über demselben empor. Die morphologische Ausbildung und die Arbeitstheilung in den Organen ist hier von dem Vorkommen bei den übrigen Gewächsen so wesentlich verschieden, dass eine Anwendung der morphologischen Begriffe Spross und Wurzel auf Fruchtträger und Mycel nicht angebracht erscheint.

Drittes Kapitel. Der vegetative Spross.

Wir gehen bei der Besprechung des Sprosses zunächst wieder von den höchstentwickelten Pflanzenformen, den Gefässpflanzen aus. An denselben sind zwei ihrer Form und Funktion nach verschiedene Sprossarten zu unterscheiden: der vegetative Spross und der reproduktive Spross. Der erstere bildet den Hauptheil des Pflanzenkörpers während der ganzen Lebenszeit. Der Letztere tritt erst nach Abschluss einer bestimmten Vegetationsperiode, oft erst gegen das Ende der Lebenszeit, auf, um die Bildung von Geschlechtsorganen und damit die Reproduktion der Pflanzenart zu vermitteln. Ihrem innern Wesen nach sind die beiden Sprossarten von einander nicht verschieden, vielmehr ist der reproduktive Spross als eine zu bestimmten Zwecken dienende Modifikation des vegetativen Sprosses anzusehen. Da indes die äusseren Verschiedenheiten zwischen den Beiden meist sehr beträchtliche und scharf ausgesprochene sind, so ist es vortheilhaft, zunächst nur den vegetativen Spross und später in einem besonderen Abschnitt den reproduktiven Spross zu besprechen.

1. Die Achse der Laubsprosse.

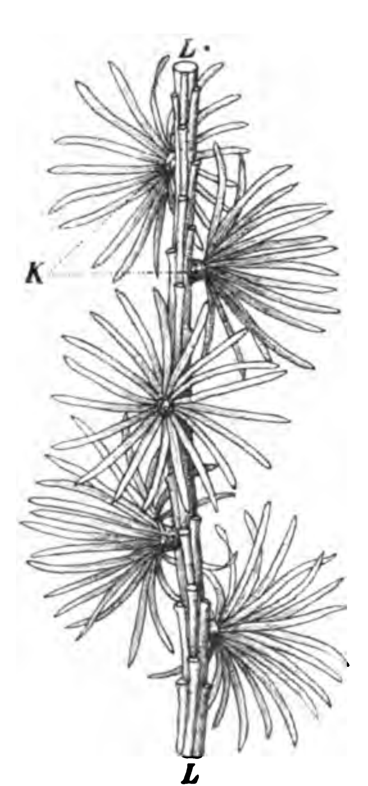
Bau der Achse. — Als wesentliche Theile des Sprosses haben wir die Sprossachse und die Blätter zu unterscheiden. Die Sprossachsen sind in der Regel radiär gebaut, meist sind es cylindrische oder prismatische Gebilde, welche nach dem Gipfel zu kegelförmig verjüngt sind und mit dem Vegetationspunkt abschliessen. Durch den letzteren wird der Längenzuwachs der Sprossachse und die Anlage der seitlichen Organe, der Seitensprosse und der Blätter vermittelt. In der Jugend ist die Sprossachse meist grünlich gefärbt und krautartig weich. Bei manchen Pflanzen bleibt die krautartige Beschaffenheit der Achse während der ganzen Vegetationsdauer erhalten; man bezeichnet solche Pflanzen als Kräuter, die krautige Achse als Krautstamm. Bei vielen langlebigen Gewächsen, den Bäumen und Sträuchern, wird dagegen die Sprossachse verholzt und erlangt dadurch grössere Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen äussere Einflüsse, sie wird als Stamm bezeichnet.



Figur 35.
Sprossgipfel von Elodea canadensis ($^{140}/_1$). *v* Vegetationspunkt, *b* Blattanlagen.

Am Gipfel des Sprosses stehen die Anlagen der seitlichen Organe dicht gedrängt, indem aber die zwischen denselben liegenden Sprosstheile eine nachträgliche Streckung erfahren, werden die Insertionen auseinander gerückt, so dass der Spross in blättertragende Knoten und

in Internodien mit freier Oberfläche gegliedert ist. Die Ausbildung der Internodien ist bei den Pflanzenarten ausserordentlich verschieden. Neben Pflanzen, welche auf hohen, schlanken Stengeln mit langen Internodien ihre Blätter über die Umgebung emporheben und der Belichtung darbieten, finden sich andere, meist Bewohner sonniger Standorte, welche gar keine Internodien besitzen, so dass die dicht gedrängten Blätter auf dem Boden eine flach ausgebreitete Rosette bilden; und zwischen diesen beiden Extremen sind alle Uebergänge in sanfter Abstufung vorhanden.



Figur 36.
Larix europaea. Stück eines Langtriebes *L—L* mit fünf reichbeblätterten Kurztrieben *K*.

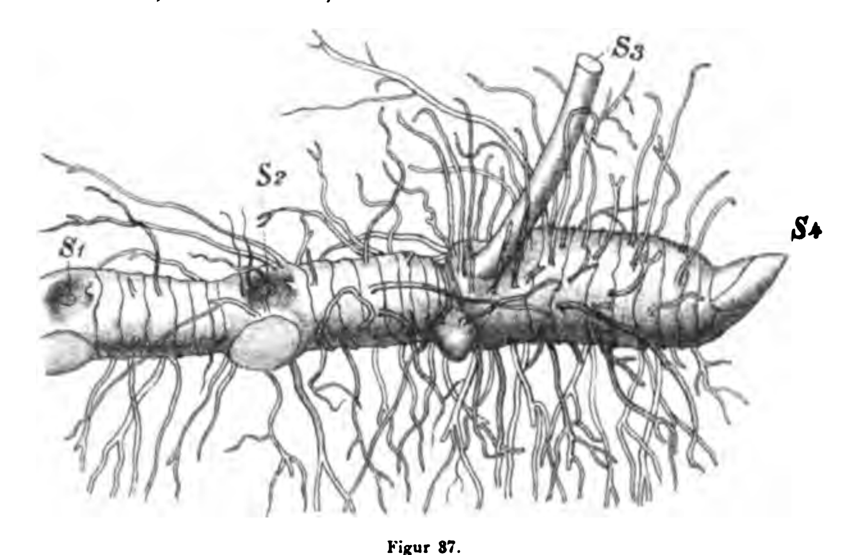
An einigen Gewächsen kommen Sprosse mit deutlichen Internodien, Langtriebe, und solche mit gestauchter Achse, Kurztriebe, nebeneinander vor. Bei der Lärche sitzen z. B. an den langen, ruthenförmigen Zweigen die grünen nadelförmigen Blätter in Büscheln vereinigt. Jedes Büschel stellt einen reichbeblätterten Kurztrieb dar, dessen Internodien unentwickelt bleiben (Fig. 36). Auch die Nadelbüschel der Kiefern sind derartige Kurztriebe.

Sprosssysteme. — Es gibt nur wenige Pflanzen, deren Hauptspross ohne seitliche Achsen auszubilden seine Entwicklung mit einer endständigen Blüthe abschliesst. Man bezeichnet dieselben als einachsige Pflanzen. Meist tritt eine reichliche Verzweigung ein, die Pflanzen werden zwei-, drei- oder mehrachsig, je nachdem die Achsen zweiter, dritter oder höherer Ordnung den Abschluss bilden.

Die Anlagen der Seitensprosse stehen in den Achseln der Blätter und sind also ziemlich gleichmässig über die Oberfläche der Hauptachse vertheilt. Indem aber die einzelnen Anlagen sich verschieden verhalten, entstehen bei den mehrachsigen Pflanzen verschiedene Wuchsformen. Bei den Holzgewächsen unterscheidet man Bäume, Sträucher und Halbsträucher. Die **Bäume** werfen die unteren Seitenzweige ab und bilden nur am obern Theil des Stammes starke Aeste aus, welche sich wiederholt verzweigen. Bei den **Sträuchern** ist der Hauptspross dicht über der Wurzel verzweigt und die einzelnen Aeste entwickeln sich ähnlich wie die Hauptachse. Die Achsen der **Halbsträucher** sind nur zum Theil verholzt, die jüngsten Seitensprosse bleiben krautartig und werden, nachdem sie Blüthen und Früchte getragen haben, abgeworfen, während an den älteren Sprossen neue Seitentriebe entstehen. Aehnliches Verhalten zeigen die zu den krautartigen Gewächsen gehörigen **Stauden.** Auch bei ihnen

besitzen die Sprosstheile verschiedenes Lebensalter. Während die oberirdischen Sprosstheile nach der Fruchtbildung absterben, bleibt der im Boden verborgene Sprossabschnitt erhalten. Aus ihm gehen alljährlich Erneuerungssprosse hervor, welche Laubblätter und Blüthen erzeugen. Die unterirdischen ausdauernden Sprosstheile werden als **Rhizome** bezeichnet (Fig. 37). Von den Wurzeln sind dieselben dadurch zu unterscheiden, dass an ihnen Blattnarben oder Schuppenblätter und regelmässig angeordnete Knospen vorhanden sind.

Wachsthumsrichtung. — Wir haben früher gesehen, dass bei der Keimung das die Sprossanlage darstellende Polende der Pflanze sich unter dem Einfluss der Schwerkraft senkrecht aufwärts wendet. Bei sehr vielen Pflanzen, den Bäumen, vielen Sträuchern und Kräutern behält der



Figur 37.

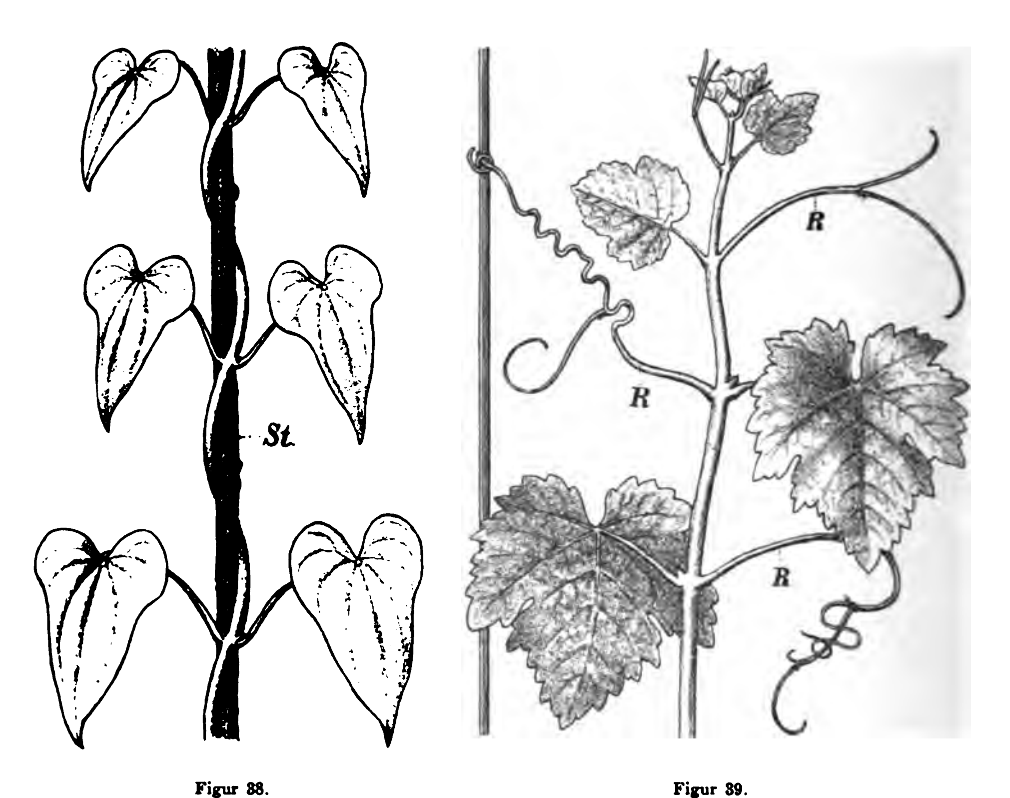
Rhizom von Convallaria multiflora.

S_1 S_2 die Narben der in den beiden vorhergehenden Jahren entwickelten Laubsprosse. S_3 der diesjährige Trieb. S_4 die Anlage des nächstjährigen Triebes.

Hauptspross diese Wachsthumsrichtung während seiner ganzen Entwickelung bei, die Seitensprosse dagegen wenden sich horizontal seitwärts oder unter einem mehr oder minder spitzen Winkel schräg aufwärts. So entstehen ausgedehnte Sprosssysteme, an denen viele Blattflächen Platz finden, ohne sich gegenseitig den Lichtgenuss zu beeinträchtigen. Manche Pflanzen, deren Hauptachse nicht die nöthige innere Festigkeit besitzt, um das ganze Sprosssystem aufrecht zu tragen, gewinnen die aufrechte Stellung dadurch, dass sie an festen Stützen Halt suchen. Die Sprossachse legt sich spiralförmig eng um die Stütze herum und gelangt so allmählig nach oben (Fig. 38). Man bezeichnet die Pflanzen mit windendem Stengel als Schlingpflanzen; die Stangenbohnen in unseren Gemüsegärten, der Hopfen und das deutsche Geissblatt sind bekannte Beispiele.

Die **Lianen** der tropischen Urwälder sind verschiedenen Verwandtschaftskreisen angehörende Schlingpflanzen, deren holzige Stämme oft eine bedeutende Dicke erreichen. Sie klettern bis in die höchsten Gipfel der Waldbäume empor und machen, indem sie sich vielfach umeinander schlingen und von Baum zu Baum hinüberziehen, den Urwald zu einem schwer durchdringlichen Dickicht.

Aehnlich wie die Schlingpflanzen, verhalten sich die Kletterpflanzen, bei denen eigene Haftorgane vorhanden sind, mit denen der aufrecht-



Figur 38.
Stück des windenden Sprosses von Dioscorea Batatas ($^2/_3$).

Figur 39.
Gipfel eines Weinstocks mit Sprossranken *R*. Die eine derselben hat eine Stütze ergriffen ($^1/_2$).

wachsende dünne Spross sich an der Stütze befestigt. Hierher gehört das früher schon erwähnte Beispiel des Epheu, bei dem gewisse Wurzeln als Haftorgane dienen; in anderen Fällen werden Seitensprosse oder Blätter zu Haftorganen ausgebildet, wie weiter unten zu erwähnen sein wird.

Manchen Pflanzen fehlt die Fähigkeit, ihr Sprosssystem dauernd aufrecht zu stellen, vollständig; die Sprosse kriechen am Boden hin oder hängen wohl gar von dem erhöhten Standort der Pflanze herab. Bei den Stauden ist das Rhizom häufig horizontal oder schräg aufwärts gerichtet, die Sprosse aber, welche die Blätter tragen, sind senkrecht gestellt.

2. Metamorphosirte Sprosse.

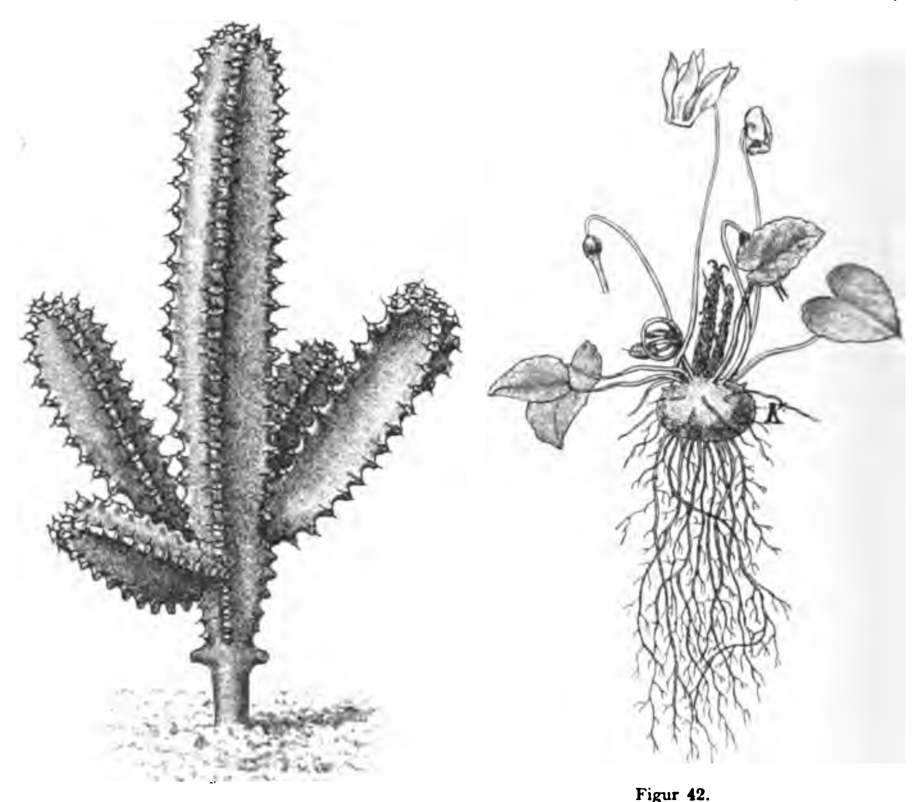
Eine der wichtigsten Funktionen der Sprossachse besteht darin, die Blätter in eine günstige Lage zum Licht zu bringen und Stoffe von der Wurzel zu den Blättern und in umgekehrter Richtung zu leiten. Wir finden die Sprosse der unter den verschiedensten äusseren Umständen lebenden Gewächse in Bau, Wuchsform und Wachsthumsrichtung der Sprossachse diesen Aufgaben angepasst. Nicht selten aber finden sich Sprossachsen, die andere Leistungen zu verrichten haben und welche in Beziehung zu der veränderten Funktion eine wesentliche Modifizirung ihrer morphologischen Ausbildung aufweisen. Wir müssen dieselben als metamorphosirte Sprosse bezeichnen; die wichtigsten und am häufigsten vorkommenden Arten sollen in Folgendem kurz geschildert werden.

Sprossranken und Kletterhaken. — Es ist oben bei der Erwähnung der Kletterpflanzen kurz angedeutet worden, dass an manchen dieser Gewächse einzelne Sprosse als Kletterorgane dienen. Die zu Haftorganen gewordenen Seitensprosse weisen meist eine mehr oder minder weitgehende Abweichung von der morphologischen Ausbildung der übrigen Sprosse auf. Sie tragen keine Laubblätter und sind entweder Ranken, d. h. lange, fadenförmige Gebilde von krautartiger Beschaffenheit, welche sich in Folge der Reizbarkeit um die Stütze herum schlingen, oder sie stellen kurze, scharf um die Stütze gekrümmte holzharte Haken dar. Zu Ranken umgebildete Sprosse finden wir z. B. am Weinstock (Fig. 39) und am wilden Wein. Die Haken sind nur von einigen tropischen Gewächsen bekannt, welche als **Hakenklimmer** bezeichnet werden.

Figur 40.
Zweig von Ruscus Hypoglossum (2/3), an welchem in der Achsel schuppenförmiger Blätter B_1 Flachsprosse, Phyllocladien, entspringen. Einige derselben tragen in der Mitte ein kleines Blatt B_2, in dessen Achsel ein Blüthenstand steht.

Phyllocladien. — Bei manchen grünen Pflanzen sind die Laubblätter verkümmert, dieselben stellen kleine Schüppchen dar, welche nicht im Stande sind durch Assimilation die Baustoffe für den Pflanzenkörper zu bereiten. Diese Arbeit wird vielmehr von besonders ausgebildeten Sprossachsen geleistet. So finden wir z. B. an den monopodial verzweigten

oberirdischen Sprossen der Spargelpflanze nur schuppenförmige Blätter. In den Achseln derselben entspringen ganze Büschel von Seitensprossen, welche nach der Entwickelung des ersten Internodiums ihr Wachsthum abschliessen und niemals Blätter hervorbringen. Diese Sprosse sind rundlich nadelförmig gestaltet und reichlich mit Chlorophyll ausgestattet, so dass in ihnen eine ausgiebige Assimilation stattfinden kann. Bei den mit dem Spargel verwandten Ruscusarten sind die zu Assimilationsorganen umgewandelten Seitensprosse blattartig verbreitert (Fig. 40).



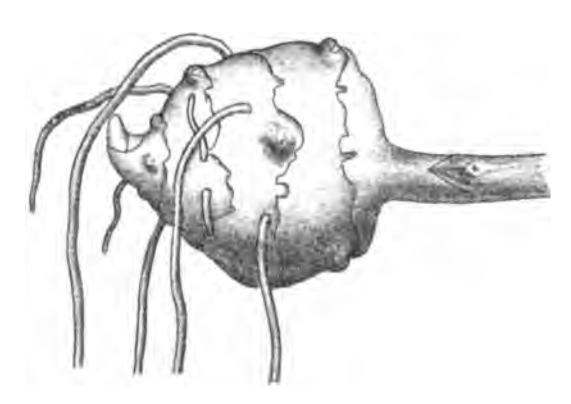
Figur 41.
Junges Exemplar von Euphorbia canariensis (1/2).

Figur 42.
Alpenveilchen, Cyclamen europaeum (1/1). Der untere Theil des Sprosses bildet eine Knolle *K*, in welcher Reservestoffe aufgehäuft sind.

Man nennt dieselben Flachsprosse oder Phyllocladien. Auch sie besitzen ein begrenztes Wachsthum, indess werden zwei Internodien ausgebildet. An dem etwa in die Mitte des blattähnlichen Zweiges fallenden Knoten entwickelt sich gewöhnlich ein kleines Blatt, in dessen Achsel ein Blüthenspross entspringt, wodurch die Sprossnatur des blattähnlichen Gebildes ohne weiteres deutlich wird.

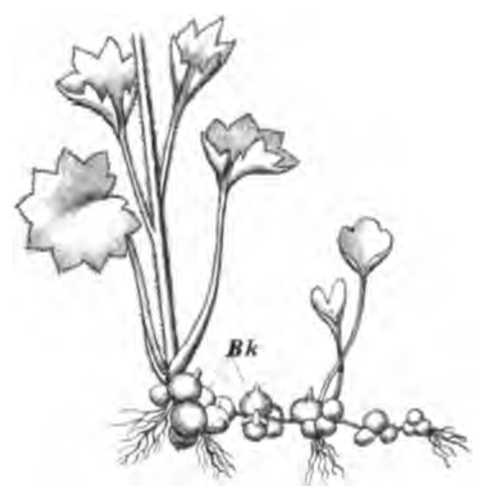
Wasserspeicher. — Flachsprosse finden wir auch bei manchen zur Familie der Cacteen gehörigen Pflanzen. Es sind dort meist nicht

besondere Seitensprosse höherer Ordnung, welche zu Phylocladien umgebildet sind, sondern alle Achsen, auch der Hauptspross, sind blattartig oder scheibenförmig verbreitert und vertreten die fehlenden Laubblätter. Die Flachsprosse stellen indess hier nicht wie bei Ruscus dünne Gewebeplatten dar, sondern sie sind dickfleischig und bilden mit dem saftreichen Gewebe in ihrem Innern für die an sehr trockenen Standorten lebenden Pflanzen zugleich Wasserreservoire, aus denen das assimilirende Gewebe zu Zeiten der Dürre die nöthige Feuchtigkeit beziehen kann. Auch bei den nicht mit Flachsprossen versehenen Cacteen, ferner bei manchen Arten der Euphorbiaceen (Fig. 41) und einigen anderen Gewächsen, die sehr trockene Standorte bewohnen, oder denen aus andern Gründen die Wasseraufnahme erschwert ist, sind die Sprossachsen zu fleischig saftigen Wasserspeichern ausgebildet. Man fasst alle derartigen Gewächse als **Stammsucculenten** zu einer biologischen Gruppe zusammen.



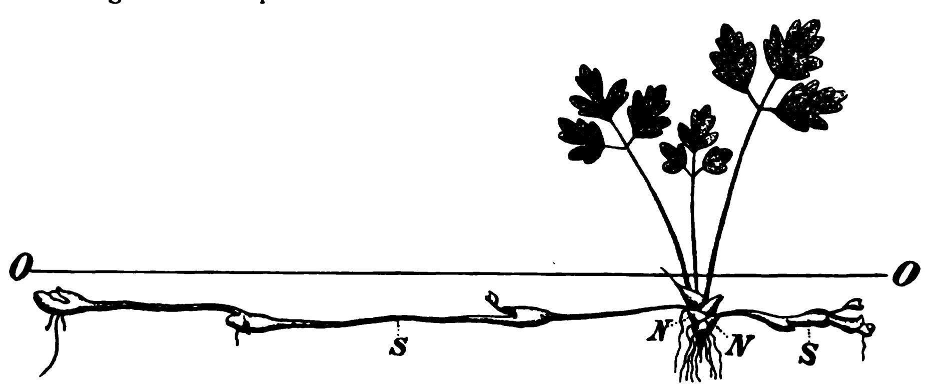
Figur 43 A.
Knolle vom Topinambur, Helianthus tuberosus.

Reservestoffbehälter. — Die Umwandlung von Sprossen zu Reservestoffbehältern kann in verschiedener Weise vor sich gehen. Bei manchen Pflanzen sind es angeschwollene Sprossabschnitte, in denen die Reservestoffe deponirt werden. So stellt z. B. die scheibenförmige Knolle des Alpenveilchens das stark geschwollene untere Ende des Sprosses dar (Fig. 42). Die Knolle der Herbstzeitlose ist ein angeschwollenes Internodium des vorjährigen Sprosses, an welchem sich die Achselknospe des darunterliegenden Knotens zum neuen Spross entwickelt hat. Bei anderen Pflanzen bilden ganze knollenförmig angeschwollene Seitensprosse die Reservestoffbehälter. Dahin gehören die Knollen des Topinambur (Fig. 43A) und der Kartoffel als allbekannte Beispiele. Von den ebenfalls als Reservestoffbehältern dienenden Wurzelknollen, wie wir sie im vorigen Kapitel bei Dahlia



Figur 43 B.
Saxifraga granulata. Unterer Theil der Pflanze. Auf dem unterirdischen Zweige sind zahlreiche Brutknospen *Bk* vorhanden.

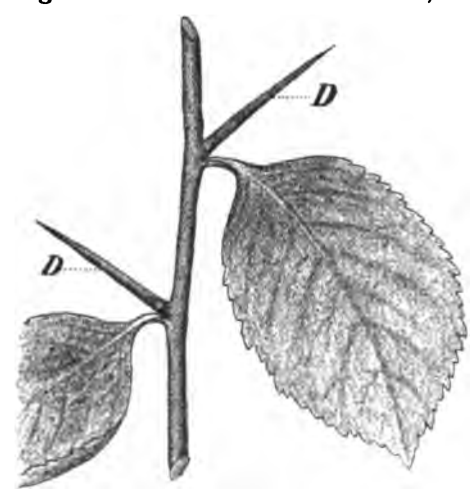
kennen gelernt haben, unterscheiden sich diese aus Sprossen hervorgegangenen Knollen durch den Besitz von Sprossanlagen, Augen, die als Achselknospen der sehr reducirten oder gänzlich unterdrückten Blätter des umgebildeten Sprosses anzusehen sind.



Figur 44.

Adoxa Moschatellina mit unterirdischen Ausläufern *S*, welche in der Achsel von Niederblättern *N* entspringen ($^1/_1$). *O—O* die Bodenoberfläche.

Brutknospen. — In der Achsel einzelner Blätter treffen wir bei einigen Pflanzen kleine Knöllchen an, welche ebenfalls umgebildete Sprosse sind. Dieselben sind mit Reservestoffen erfüllt, besitzen aber neben der Speicherung dieser Stoffe noch eine weitere Funktion. Indem die Knöllchen sich von der Mutterpflanze loslösen und sich zu einer neuen Pflanze entwickeln, tragen dieselben zur Erhaltung und Verbreitung der Art bei. Derartige Knöllchen, welche als Brutknospen bezeichnet werden, finden sich z. B. an den unterirdischen Zweigen von Saxifraga granulata (Fig. 43 **B**).



Figur 45.

Sprossstück von Crataegus prunifolia. Die Achselknospen der Blätter sind zu Dornen *D* ausgewachsen.

Ausläufer. — Demselben Zweck, durch Vermehrung der Individuenzahl die Art zu verbreiten, dient eine andere Art umgebildeter Sprosse, die Ausläufer oder Stolonen. Dieselben sind meist fadenförmige Gebilde mit sehr verlängerten Internodien und kriechen am Boden oder unter der Oberfläche desselben hin (Fig. 44). An den Knoten entwickeln sich die Achselknospen zu neuen Pflanzen, welche durch Adventivwurzeln am Boden befestigt werden. Indem später die Internodien der Ausläufer ver-

gehen, werden die neuen Pflanzen von der Verbindung untereinander und mit der Mutterpflanze gelöst. Die Ausläufer, die sich an den Gartenerdbeeren meist in grosser Zahl entwickeln, sind ein bekanntes Beispiel für diese Sprossform.

Dornen. — Endlich muss noch der Umbildung der Sprossachse zu Dornen gedacht werden, welche den Pflanzen in erster Linie einen Schutz gegen das Gefressenwerden durch grössere Thiere gewähren. Gewöhnlich sind es, wie beim Schlehdorn und Weissdorn, kurze Seitensprosse und die Spitzen beblätterter Zweige, welche vorne kegelförmig scharf zugespitzt und holzig verhärtet sind (Fig. 45). Sehr weit geht die Dornbildung bei Colletia cruciata, einem amerikanischen Strauch aus der Familie der Rhamnaceen, welcher sehr trockene, sonnige Standorte bewohnt. Alle Sprossachsen sind blattlos und dornförmig gestaltet. Die etwas abgeflachten Dornen sind mit grünem, assimilirendem Gewebe bedeckt und vermitteln neben dem mechanischen Schutz der Pflanze auch die Funktion der mangelnden Blätter.

3. Die Laubblätter.

Entwickelung des Blattes. — Die Blätter sind seitliche Organe der Sprossachsen; sie besitzen ein begrenztes Wachsthum und haben im ausgewachsenen Zustande eine bestimmte Gestalt. Sie werden am Vegetationspunkt des Sprosses als rundliche Höcker, Primordialblätter, angelegt. Ihre Entwickelungsgeschichte weicht von derjenigen der Sprossachsen und der Wurzeln wesentlich dadurch ab, dass ein scheitelständiger Vegetationspunkt, welcher befähigt ist, seitliche Organe höherer Ordnung zu erzeugen, bei ihnen nicht vorhanden ist. Das Wachsthum der Blätter erfolgt bei den Samenpflanzen meist **intercalar,** d. h. die das Wachsthum vermittelnde Gewebepartie liegt nicht an der Spitze, sondern weiter rückwärts; die Spitze des Blattes ist schon ausgewachsen und in den Dauerzustand übergegangen, wenn weiter rückwärts gelegene Theile des Blattes noch im Wachsthum begriffen sind.

Figur 46.

Sprossgipfel von Ranunculus repens ($^{32}/_{1}$). *v* der durchschimmernde Vegetationspunkt. b_1 b_2 b_3 Blattanlagen. ax_3 die Achselknospe des dritten Blattes.

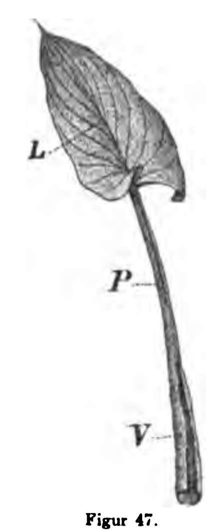
An dem in Figur 46 dargestellten Sprossgipfel von Ranunculus repens stehen drei Blattanlagen. Schon an der zweitjüngsten Anlage b_2 ist die Theilung des Blattes in zwei Abschnitte, Blattgrund und Oberblatt, zu erkennen. Wie an dem dritten Blatt b_3 zu sehen ist, wächst der Blattgrund schnell heran und bildet eine schützende Hülle um die jüngeren Anlagen. Auch das Oberblatt entwickelt sich schnell und zwar in der Weise, dass die Spitze zuerst in den Dauerzustand übergeht. Erst verhältnissmässig spät beginnt die Streckung der Gewebezone zwischen Blattgrund und Oberblatt, welche zur Ausbildung des Blattstieles führt.

Bei den Farnpflanzen besitzen die Blätter meistens ein Spitzen-

wachsthum, so dass also die weiter rückwärts gelegenen Blatttheile die ältesten sind und zuerst in den Dauerzustand übergehen.

Alle Primordialblätter sind, wie durch das Experiment direkt nachgewiesen werden kann, befähigt, zu grünen Laubblättern sich zu entwickeln. Indem aber innere und äussere Ursachen die Anlagen während ihrer Entwickelung verschieden beeinflussen, gehen aus einigen derselben Gebilde hervor, welche oft nur entfernte oder gar keine Aehnlichkeit mit den Laubblättern besitzen, und welche also als umgewandelte oder metamorphosirte Blätter zu bezeichnen sind.

Theile des Blattes. — Die Form des ausgewachsenen Laubblattes ist bei der einzelnen Pflanzenart innerhalb enger Grenzen konstant, bei den verschiedenen Pflanzenarten aber findet sich oft schon innerhalb eines engen Verwandtschaftskreises hinsichtlich der Blattgestalt die grösste Mannigfaltigkeit. An dem hochentwickelten Blatt mancher Samenpflanzen lassen sich drei Haupttheile leicht unterscheiden. Der auffälligste derselben ist der obere flache Theil, die **Blattspreite,** deren Umriss verschiedenartig geformt sein kann; sie entspricht dem Oberblatt der jungen Anlage. Die Oberseite der Spreite besitzt meistens eine andere Struktur als die Unterseite; die Spreite ist also dorsiventral gebaut. Mit der Sprossachse ist die Blattspreite durch den **Blattstiel** verbunden, welcher an seinem unteren Ende in einen scheidenförmigen Theil, die **Blattscheide** übergeht. Ein Blattstiel ist nicht in allen Fällen vorhanden. Man bezeichnet dann die Laubblätter gegenüber den gestielten als sitzende. Auch die Blattscheide fehlt manchen Laubblättern.

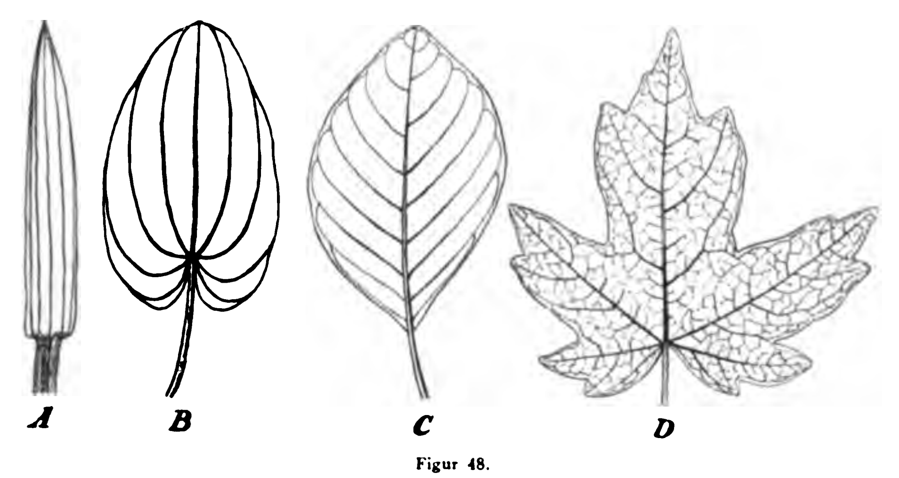


Figur 47.

Blatt von Richardia aethiopica (1/10). *L* Blattspreite. *P* Blattstiel. *V* Blattscheide.

Nervatur. — Die wichtigste physiologische Funktion des Blattes, die Assimilation der anorganischen Nährstoffe, welche unter der Einwirkung des Lichtes vor sich geht, wird vorwiegend durch die in Folge des Chlorophyllgehaltes grün gefärbte Blattspreite verrichtet. Die flächenförmige Ausbreitung der Spreite hat daher für die Pflanze insofern eine Bedeutung, als auf diese Weise bei möglichst geringem Materialaufwand eine möglichst grosse Oberfläche dem Lichte dargeboten wird. Die Blattspreite stellt in vielen Fällen eine dünne Gewebeplatte dar, welche von festeren Strängen, den Blattnerven durchzogen wird. Die Blattnerven halten die zarte Platte flach ausgespannt uud geben derselben einige Festigkeit gegen die Einwirkung des Regens und des Windes. Ausserdem stellen dieselben die Leitbahnen dar, in welchen die von der Wurzel aufgenommenen Substanzen, Wasser und darin gelöste anorganische Materie vom Stamm aus zu dem assimilirenden Blattgewebe wandern, und durch welche die von den grünen Blattzellen erzeugten organischen Stoffe dem Stamme zugeführt werden. Entsprechend ihren mehrseitigen Leistung finden wir die Nerven in der Fläche der Blattspreiten vertheilt. Der Verlauf der Nerven in der Blattfläche nimmt stets seinen Ausgang von der Basis der

Spreite, d. h. bei sitzenden Blättern von der Insertion, bei gestielten von der Einmündungsstelle des Stiels in die Spreite. Nach der Art der Ausbreitung der Nervatur in der Spreite können zwei Typen des Blattbaues unterschieden werden; erstens die parallel- und bogennervigen Blätter, und zweitens die netznervigen Blätter. Bei den zum ersten Typus gehörigen Blättern entspringen mehrere annähernd gleichstarke, unverzweigte Nerven an der Basis der Spreite, verlaufen parallel oder im Bogen neben einander hin, um gegen die Spitze hin zu konvergiren. Meist stellen zarte Quernerven eine seitliche Verbindung zwischen den einzelnen Hauptnerven her. Dieser Typus des Blattbaues ist besonders in der Abtheilung der monocotylen Samenpflanzen vertreten (Fig. 48 **A** u. **B**). Die netznervigen Blätter, denen wir besonders bei den Dicotyledonen und bei den Farnen begegnen, besitzen meist eine reichverzweigte Nervatur, deren einzelne



Figur 48.

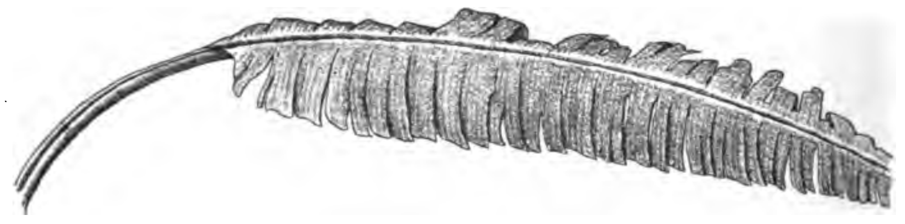
A parallelnerviges Blatt von Anthoxanthum odoratum. **B** bogennerviges Blatt von Alisma parnassifolium. **C** fiedernerviges Blatt von Rhamnus Frangula. **D** handnerviges Blatt von Acer campestre.

Aeste durch zahlreiche Querverbindungen unter einander in Zusammenhang stehen, so dass ein Maschenwerk von Blattnerven vorhanden ist, dessen Lücken durch das Blattgewebe ausgefüllt wird. Man bezeichnet die netznervigen Blätter als fiedernervig, wenn ein Hauptnerv vorhanden ist, der die Blattspreite von der Basis bis zur Spitze durchzieht, und an welchem rechts und links in Abständen die Sekundärnerven entspingen (Fig. 48 **C**). Ist dagegen eine grössere Anzahl annähernd gleichstarker Hauptnerven vorhanden, welche von der Basis der Spreite aus nach verschiedenen Seiten hin durch die Fläche ausstrahlen, so wird das Blatt als handnervig bezeichnet (Fig. 48 **D**).

Zum Schutz der Blattfläche gegen das Zerrissenwerden durch Wind oder Regen finden wir die Nervatur in der Nähe des Blattrandes meistens besonders stark ausgebildet, sei es, dass die von den Hauptnerven zum Rande hin auslaufenden Sekundärnerven vor dem Rande

umbiegen und bogenförmig zum nächst oberen Sekundärnerven hinüberziehen, oder sei es, dass zwischen den direkt zum Blattrande laufenden Sekundärnerven starke Querverbindungen parallel zum Blattrande vorhanden sind. Welche Bedeutung die Ausbildung der Randnerven für die Intakterhaltung der Blattfläche besitzt, beweist das Beispiel der oft mehrere Meter langen Blätter der Bananen (Musa), denen die Randnerven fehlen. In windgeschützten Räumen, z. B. in unseren Treibhäusern bleiben die Riesenblätter ganz; im Freien aber wird ihre Fläche durch den Wind sehr bald bis zum Mittelnerven hin in schmale Zipfel zerschlitzt (Fig. 49). Die Musablätter werden indess durch die Zerreissung in einzelne Zipfel nur wenig in ihrer Funktion gestört; wäre die Zerreissung durch feste Randnerven verhindert, so würde sicher der Wind, dem die grossen Blätter eine wirksame Angriffsfläche darbieten, die ganzen Blätter, wenn nicht zugleich den Stamm umbrechen und die Existenz der Pflanze an Orten, welche dem Winde ausgesetzt sind, unmöglich machen.

Gestalt der Blattfläche. — Die Grösse der Blattfläche steht zu den äusseren Lebensbedingungen der Pflanze in inniger Beziehung. Grosse Blattflächen bieten für die Pflanze den Vortheil, dass viel Licht

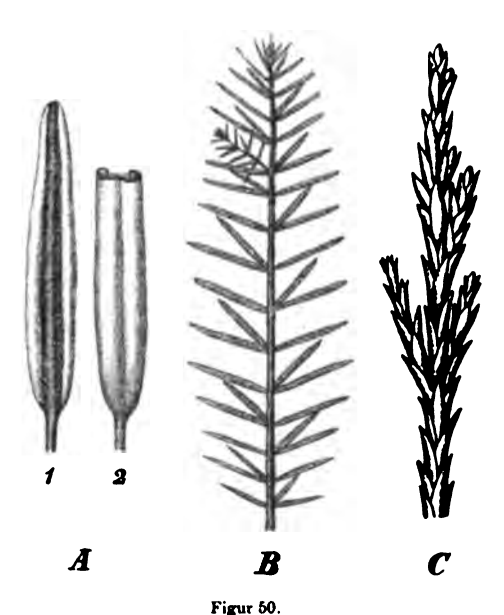


Figur 49.
Blatt von Musa ornata ($^1/_{15}$), dessen Fläche durch den Wind in schmale Zipfel zerrissen ist.

aufgefangen wird und also eine ausgibige Assimilation erfolgen kann. Je grösser aber die Blätter sind, desto mehr Angriffspunkte bieten sie für Wind und Regen dar, es müsste also, wenn die Blattfläche eine bestimmte Grösse überschreitet, die Blattnervatur so kräftig ausgebildet werden, dass durch den dazu erforderlichen Materialaufwand der durch die Vergrösserung der assimilirenden Fläche erreichte Vortheil aufgehoben würde.

Eine Einrichtung, die Wirksamkeit des Windes und der Niederschläge auf grosse Blattflächen abzuschwächen, haben wir bei den Bananenblättern in der Zerschlitzbarkeit der Blattfläche kennen gelernt. In ähnlicher Weise werden bei den Palmen, welche im Jugendzustande zusammenhängende, regelmässig gefaltete Blattflächen besitzen, die Blätter nachträglich in regelmässige Zipfel zertheilt. Bei anderen Pflanzen wird dasselbe Resultat erreicht, indem die Blattfläche sich verzweigt Sie besteht dann im erwachsenen Zustande aus einzelnen Abschnitten, welche durch mehr oder minder tiefe Einschnitte von einander getrennt sind, oder es ist statt einer einzigen grösseren Blattfläche eine Anzahl kleinerer Flächen an demselben Blattstiel ausgebildet. Die Blätter letzterer Art werden als zusammengesetzte oder verzweigte Blätter bezeichnet.

Ein weiterer Umstand, der zur Blattgrösse in enger Beziehung steht, ist es, dass die Menge des von der Pflanze durch Verdunstung abgegebenen Wassers um so grösser wird, je grösser die Oberfläche der Pflanze ist. Grosse Blattflächen können also nur bei Pflanzen sich finden, denen eine ausgiebige Wasserzufuhr gesichert ist. Wo die Wasserversorgung eine spärliche ist, können nur Pflanzen mit kleinen Blättern existiren, an denen häufig noch besondere Einrichtungen zur Herabsetzung der Verdunstung sich finden. Eine derartige Einrichtung ist die Ausbildung von **Rollblättern** (Fig. 50 **A**); die kleine Blattfläche ist nicht flach ausgebreitet, sondern die Ränder sind eingerollt und umschliessen an der Unterseite des Blattes eine schmale Rinne, in welcher die Spaltöffnungen des Blattes, die Austrittsöffnungen für den Wasserdampf, liegen. Die schmale Rinne stellt einen »windstillen Raum« dar, von welchem aus eine Abgabe des Wasserdampfes an die Atmosphäre nur langsam erfolgen kann.



Figur 50.

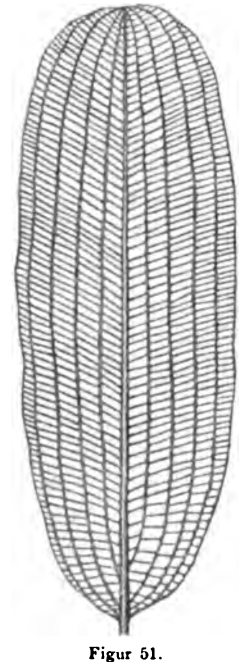
A Rollblatt von Ledum palustre ($^{3}/_{1}$). 1 von der Unterseite, 2 von oben. Bei 2 ist die Spitze fortgeschnitten, um die Einrollung zu zeigen. **B** Spross von Juniperus communis mit nadelförmigen Blättern. **C** Spross von Sequoia gigantea mit schuppenförmigen Blättern.

Bei den **nadelförmigen Blättern** oder Nadeln vieler Coniferen ist die verdunstende Oberfläche dadurch verringert, dass überhaupt keine flächenförmige Ausbreitung der Blattspreite vorhanden ist (Fig. 50 **B**). Die **schuppenförmigen Blätter**, die ebenfalls in der Gruppe der Coniferen aber auch in anderen Pflanzenfamilien sich finden, sind der Stammoberfläche dicht angeschmiegt, so dass die Spaltöffnungen, welche hier auf der dem Stamm zugekehrten Oberseite liegen, ebenfalls in einen windstillen Raum münden. Andere Einrichtungen zur Herabsetzung der Verdunstung beruhen auf anatomischen Eigenthümlichkeiten der Pflanzentheile und sind in einem späteren Abschnitt des Buches zu besprechen.

Im direkten Gegensatz zu den Gewächsen mit spärlicher Wasseraufnahme stehen die Wasserpflanzen. Die gänzlich veränderten äusseren Bedingungen, unter welchen die untergetauchten Laubblätter derselben ihre Funktion zu verrichten haben, erfordern eine Veränderung des Blattbaues, welche meistens schon in der äusseren Gestalt der Blätter deutlich zum Ausdruck kommt. In allen Fällen sind die Wasserblätter so gebaut, dass eine verhältnissmässig grosse Oberfläche mit dem Wasser in Berührung steht; die Blätter stellen entweder lange schmale Bänder dar, wie bei Sagit-

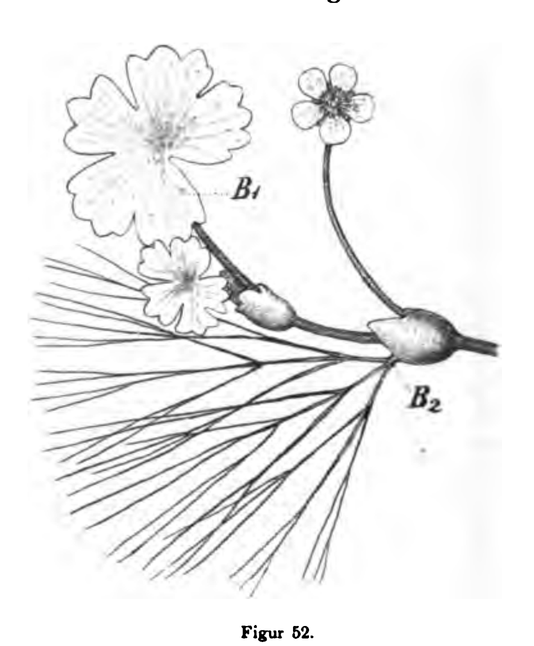
taria, oder grosse dünne Flächen, wie bei Nuphar, oder die Blattfläche ist in zahlreiche bisweilen haarfeine Gipfel aufgelöst, wie bei den Wasserranunkeln. Bei Ouvirandra fenestralis (Fig. 51) ist sie von vielen fensterartigen Oeffnungen durchbrochen, so dass die ganze Blattfläche ein zartes Gitterwerk darstellt, welches dem Wasser eine im Verhältniss zu der Substanz des Blattes sehr grosse Berührungsfläche darbietet.

Durchlöcherte Blattflächen kommen auch bei einigen Landpflanzen vor, z. B. bei der Aroidee Monstera, welche wegen ihrer schönen Blätter häufig als Zierpflanze gezogen wird, indess hat die Durchlöcherung hier für das Blatt keine andere Bedeutung als die Zertheilung der Blattfläche zur Verringerung der Angriffsfläche für Wind und Regen.



Figur 51.

Gitterförmiges Blatt von Ouvirandra fenestralis (1/1).



Figur 52.

Spross von Ranunculus aquatilis. B_2 ist ein in zahlreiche feine Zipfel zertheiltes Wasserblatt. B_1 ist ein über die Wasseroberfläche hervortretendes Luftblatt.

Manche Wasserpflanzen leben nur zu Anfang ihrer Entwickelung gänzlich untergetaucht, später erreichen sie mit ihren oberen Theilen den Wasserspiegel und entfalten einzelne Theile ihres Vegetationskörpers an der Luft. Bei ihnen finden wir ausser den untergetauchten Wasserblättern auch Luftblätter vor, welche, entsprechend der veränderten Lebensbedingung, auch anderen Bau aufweisen als die ersteren. So bilden sich bei Sagittaria neben den bandförmigen Wasserblättern später Luftblätter mit pfeilförmiger Spreite. Ein schönes Beispiel bietet auch der oben abgebildete Ranunculus aquatilis (Fig. 52), bei dem die Luftblätter flächenförmig ausgebreitet, die Wasserblätter dagegen in fadenförmige Zipfel zertheilt sind.

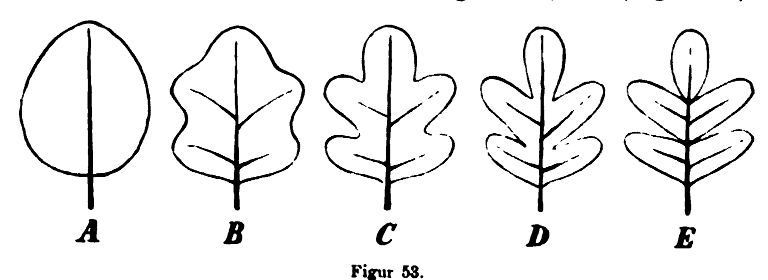
Das Vorkommen verschiedener Blattformen an derselben Pflanze wird als **Heterophyllie** bezeichnet.

Nur wenige Blattflächen sind ganzrandig, d. h. am Blattrande ohne Vorsprünge und Einschnitte, meist ist der Blattrand ausgezackt oder mit sägezahnähnlichen Vorsprüngen besetzt. Die Spitze der Blattfläche ist meistens mehr oder minder weit vorgezogen und stellt bei vielen Pflanzen eine Abtropfvorrichtung dar zur schnellen Trockenlegung der Blattspreite nach Regenfall. Auch die Basis der Spreite ist häufig beiderseits über die Anheftungstelle hinaus vorgezogen.

In der beschreibenden Botanik sind zur Bezeichnung der verschiedenen Umrissformen der Blattspreite sowie der Ausbildung des Randes, der Spitze und der Basis der Spreite eine Anzahl streng definirter Kunstausdrücke in Gebrauch, welche durch die folgenden Tabellen kurz erklärt und durch schematische Figuren dargestellt werden sollen.

Zertheilung der Blattfläche.

I. Die Blattfläche ist ohne tiefere Theilungen: *einfach* (Fig. 53 **A**).



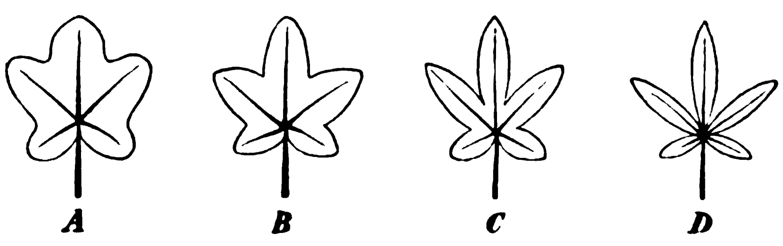
Figur 53.

A einfach. **B** fiederförmig gelappt. **C** fiederspaltig. **D** fiedertheilig. **E** fiederschnittig.

II. Es sind tiefere Einschnitte vorhanden.

A. Die Nervatur ist fiederförmig.

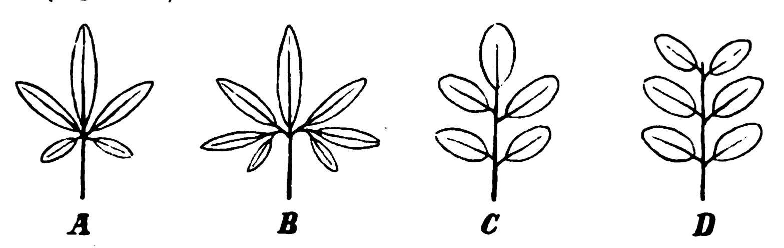
1. die Einschnitte reichen nicht bis zur Mitte der Spreitenhälfte: *fiederförmig gelappt* (Fig. 53 **B**);
2. die Einschnitte reichen gerade bis zur Mitte der Spreitenhälfte: *fiederspaltig* (Fig. 53 **C**);
3. die Einschnitte reichen fast bis zur Mittelrippe: *fiedertheilig* (Fig. 53 **D**);
4. die Einschnitte erreichen die Mittelrippe: *fiederschnittig* (Fig. 53 **E**).



Figur 54. **A** handförmig gelappt. **B** handspaltig. **C** handtheilig. **D** handförmig geschnitten.

B. Die Nervatur ist handförmig.

1. die Einschnitte reichen nicht bis zur Mitte zwischen Blattrand und Blattgrund: *handförmig gelappt* (Fig. 54 **A**);
2. die Einschnitte erreichen die Mitte zwischen Blattrand und Blattgrund: *handspaltig* (Fig. 54 **B**);
3. die Einschnitte gehen fast bis zum Blattgrund: *handtheilig* (Fig. 54 **C**);
4. die Einschnitte gehen bis zum Blattgrund: *handförmig geschnitten* (Fig. 54 **D**).



Figur 55.

A gefingert. **B** fussförmig. **C** unpaarig gefiedert. **D** paarig gefiedert.

III. Die Blattfläche ist aus einzelnen Blättchen zusammengesetzt, welche mit besonderen Stielchen an dem gemeinsamen Blattstiel befestigt sind.

A. Die Anordnung der Blättchen ist handförmig: *gefingert* (Fig. 55 **A**).

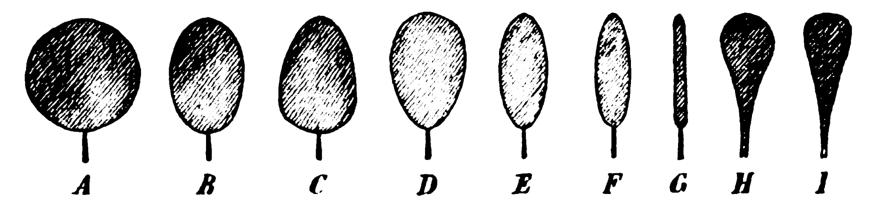
Als besondere Abart kann das *fussförmig* zusammengesetzte Blatt (Fig. 55 **B**) gelten, bei welchem an den seitlichen Abschnitten nach aussen hin Abschnitte höherer Ordnung ausgebildet sind.

B. Die Anordnung der Blättchen ist fiederförmig:

1. mit Endblättchen: *unpaarig gefiedert* (Fig. 55 **C**);
2. ohne Endblättchen: *paarig gefiedert* (Fig. 55 **D**).

Die Fiederblättchen eines gefiederten Blattes können ebenfalls gefiedert sein, ebenso die Fiederblättchen höherer Ordnung; so dass doppelt- und mehrfachgefiederte Blätter entstehen.

Gesammtumriss der Blattfläche.



Figur 56.

A kreisrund. **B** oval. **C** eirund. **D** verkehrt eirund. **E** länglich. **F** lanzettlich. **G** lineal. **H** spatelförmig. **I** keilförmig.

I. Die Blattspreite ist so lang als breit: *kreisrund* (Fig. 56 A).

II. Die Blattspreite ist länger als breit.

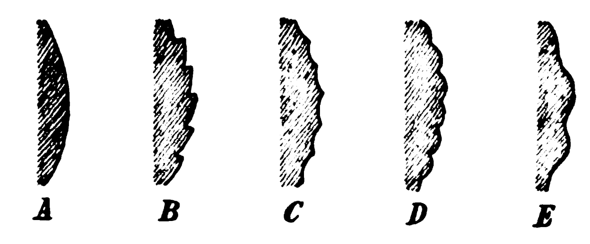
A. Die grösste Breite liegt in der Mitte oder wenig von derselben entfernt.

1. die Länge beträgt höchstens doppelt soviel als die Breite;
   a) die grösste Breite liegt in der Mitte der Blattfläche: *oval* oder *eliptisch* (Fig. 56 B);
   b) die grösste Breite liegt näher an der Basis: *eirund* (Fig. 56 C);
   c) die grösste Breite liegt näher an der Spitze: *verkehrt eirund* (Fig. 56 D);
2. die Länge ist zwei bis drei Mal grösser als die Breite: *länglich* (Fig. 56 E);
3. die Länge ist drei oder mehr Mal grösser als die Breite;
   a) die Seitenränder der Spreite verlaufen bogenförmig: *lanzettlich* (Fig. 56 F);
   b) die Seitenränder verlaufen gerade und sind parallel: *lineal* (Fig. 56 G);

B. Die grösste Breite liegt nahe hinter der Spitze.

1. der vordere breite Theil ist rundlich: *spatelförmig* (Fig. 56 H);
2. der vordere breite Theil ist stumpf: *keilförmig* (Fig. 56 I).

Ausbildung des Blattrandes.



Figur 57.

A ganzrandig. B gesägt. C gezähnt. D gekerbt. E ausgeschweift.

I. Der Blattrand ist ganz ohne Vorsprünge: *ganzrandig* (Fig. 57 A).

II. Der Blattrand ist mit Vorsprüngen besetzt.

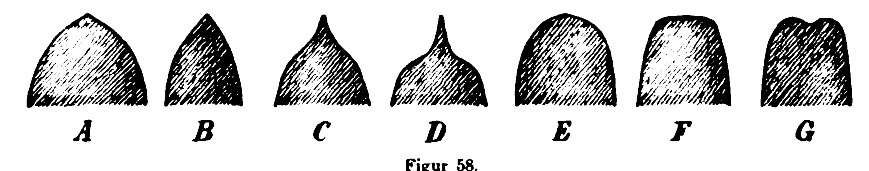
A. Die Vorsprünge sind spitz.

1. die Buchten zwischen den Vorsprüngen sind spitz: *gesägt* (Fig. 57 B);
2. die Buchten zwischen den Vorsprüngen sind stumpf: *gezähnt* (Fig. 57 C).

B. Die Vorsprünge sind stumpf.

1. die Buchten zwischen den Vorsprüngen sind spitz: *gekerbt* (Fig. 57 D);
2. die Buchten zwischen den Vorsprüngen sind stumpf: *ausgeschweift* (Fig. 57 E).

Ausbildung der Blattspitze.



Figur 58.

A stumpf. B spitz. C zugespitzt. D stachelspitzig. E abgerundet. F gestutzt. G ausgerandet.

I. Die seitlichen Blattränder bilden an der Blattspitze einen Winkel.

A. Der Winkel ist ein stumpfer: *stumpf* (Fig. 58 **A**).

B. Der Winkel ist ein spitzer.

1. die Seitenränder sind vor der Spitze geradlinig oder schwach nach aussen gewölbt: *spitz* (Fig. 58 **B**);
2. die Seitenränder sind vor der Spitze etwas ausgeschweift: *zugespitzt* (Fig. 58 **C**);
3. die Seitenränder sind vor der Spitze stark ausgeschweift, so dass die Blattfläche plötzlich in eine Spitze ausgezogen erscheint: *stachelspitzig* (Fig. 58 **D**).

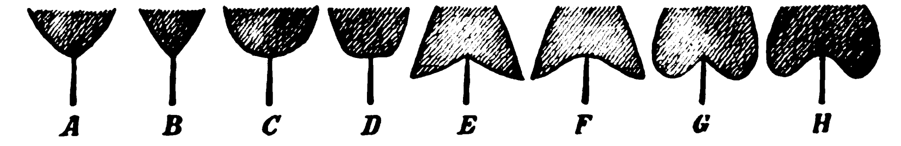
II. Die seitlichen Blattränder bilden an der Spitze keinen Winkel.

A. Die Blattspitze wird von einem nach aussen gewendeten Kreisbogen gebildet: *abgerundet* (Fig. 58 **E**).

B. Die Blattfläche wird an der Spitze durch eine gerade Linie begrenzt: *gestutzt* (Fig. 58 **F**).

C. Es ist eine Ausbuchtung an der Spitze vorhanden: *ausgerandet* (Fig. 58 **G**).

Ausbildung der Basis.



Figur 59.

A stumpf. B spitz. C abgerundet. D gestutzt. E pfeilförmig. F spiessförmig. G herzförmig. H nierenförmig.

I. Die unteren Theile der Spreitenhälften reichen nicht über den Mittelpunkt der Basis hinaus zurück.

A. Die seitlichen Blattränder bilden an der Basis einen Winkel.

1. der Winkel ist ein stumpfer: *stumpf* (Fig. 59 **A**);
2. der Winkel ist ein spitzer: *spitz* (Fig. 59 **B**).

B. Die Blattränder bilden an der Basis keinen Winkel.

1. die Basis ist von einem Kreisbogen umgrenzt: *abgerundet* (Fig. 59 **C**);
2. die Basis wird von einer geraden Linie begrenzt: *gestutzt* (Fig. 59 **D**).

II. Die unteren Theile der Spreitenhälften ragen als Lappen zu beiden Seiten über den Mittelpunkt der Basis hinaus zurück.

A. Die Lappen sind spitz.

1. die Einbuchtung zwischen den Lappen ist spitz: *pfeilförmig* (Fig. 59 **E**);
2. die Einbuchtung ist rund: *spiessförmig* (Fig. 59 **F**).

B. Die Lappen sind abgerundet.

1. die Einbuchtung ist spitz: *herzförmig* (Fig. 59 **G**);
2. die Einbuchtung ist stumpf: *nierenförmig* (Fig. 59 **H**).

Blattstiel. — Der Blattstiel befestigt die Spreite an dem Spross und bringt dieselbe in eine günstige Lage, zugleich stellt der Stiel für den Stofftransport im Innern der Pflanze die Verbindung zwischen Spross und Blattfläche her. Der Stiel ist gewöhnlich ein stabförmiges Gebilde. Bei einigen Wasserpflanzen, Pontederia und Trapa, schwellen die Blattstiele sehr stark auf, sie werden fast ei- oder kugelförmig. In ihnen befinden sich grosse lufterfüllte Hohlräume, durch deren Vorhandensein die Schwimmfähigkeit der betreffenden Pflanzentheile wesentlich erhöht wird. Gelegentlich ist an den Seiten des Blattstieles eine blattspreitenähnliche Verbreiterung vorhanden, welche den Blattstiel befähigt an der Assimilationsarbeit des Blattes direkten Antheil zu nehmen. Der Blattstiel wird dann als geflügelt bezeichnet (Fig. 61 **A**).



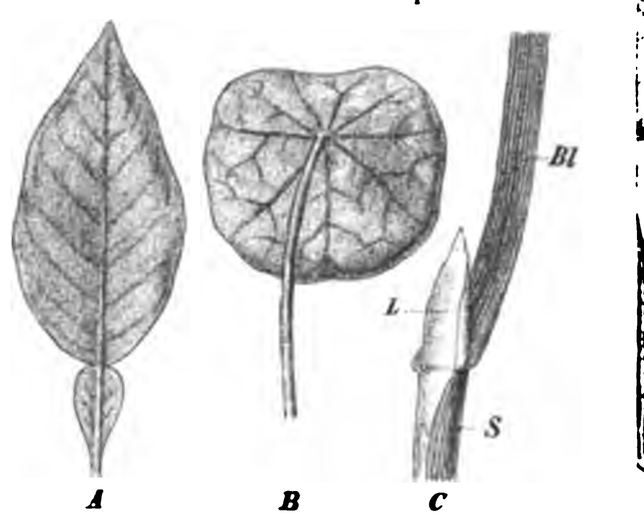
Figur 60.
Keimpflanze von Acacia melanoxylon (verkleinert). Die unteren Blätter bilden Blattspreiten aus, die oberen sind Phyllodien. Die Uebergangsformen zwischen beiden zeigen, dass die letzteren verbreiterte Blattstiele sind, deren Spreiten verkümmern.

Bei einigen Gewächsen, deren Blattspreiten verkümmert sind, übernimmt der blattartig verbreitete Blattstiel allein die Assimilation. Man nennt in solchem Falle das Assimilationsorgan ein Phyllodium. Die Figur 60 stellt eine Keimpflanze einer Akazie dar, welche im erwachsenen Zustande nur Phyllodien besitzt. Die ersten Blätter der jungen Pflanzen entwickeln indess noch eine zusammengesetzte Blattspreite und die darauffolgenden Blätter zeigen alle Uebergänge zu den Phyllodien, so dass über die morphologische Natur dieser Gebilde als verbreiterter Blattstiele kein Zweifel bestehen kann. Gewöhnlich ist der Blattstiel an dem basalen

Rande der Blattspreite eingefügt, nur bei den **schildförmigen** Blättern liegt die Einfügungsstelle des Stieles vom Blattrande entfernt auf der Unterseite der Spreite (Fig. 61 **B**). Die Entwickelungsgeschichte lehrt, dass diese Anheftungsweise dadurch zu Stande kommt, dass eine dicht an der Stielinsertion liegende Zone des Oberblattes spreitenartig auswächst und eine Fortsetzung der Blattfläche über die Stielinsertion hinaus bildet.

Blattscheide. — Bei den Monocotyledonen sind gestielte Blätter viel seltener zu finden als bei den Dicotyledonen, umgekehrt ist aber die Entwickelung einer Blattscheide in der ersteren Abtheilung viel weiter verbreitet als in der letzteren (Fig. 61 **C** u. **D**). Die Blattscheide stellt den mehr oder minder weit um die Sprossachse herumgreifenden abgeflachten Blattgrund dar. Sie bildet ein Schutzorgan für die Achselknospe des Blattes.

Bei manchen Monocotyledonen, z. B. den Gräsern und Halbgräsern, bildet die Scheide eine röhrenförmige Umhüllung des Stengels und schützt zugleich die unteren, weichen, noch im Wachsthum begriffenen Theile des Internodiums. An der Uebergangsstelle von der Blattscheide zur Blattspreite befindet sich bei vielen Gräsern und gelegentlich auch in anderen Pflanzengruppen auf der Oberseite der Spreite ein häutiger Auswuchs, die **Ligula**, welche gleichsam eine Verlängerung der Blattscheide über die Ansatzstelle hinaus darstellt (Fig. 61 **C**). Während im Allgemeinen die Fläche der Scheide stielloser Blätter direkt in die Blattfläche übergeht, ist bei den **schwertförmigen** Blättern der Schwertlilien und bei einigen anderen Monocotyledonen die Blattfläche vertikal gestellt und erscheint als ein verlangerter kielformiger Ansatz an der Aussenseite der winkelig gefalteten Blattscheide (Fig. 61 **D**).

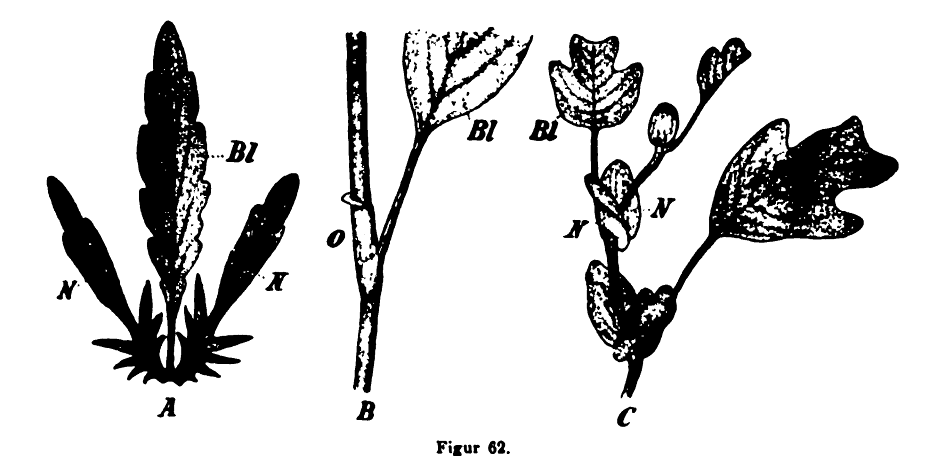


Figur 61.

A Blatt von Citrus mit geflügeltem Blattstiel (1/2). **B** schildformiges Blatt von Tropaeolum (1/2). **C** mittlerer Theil des Blattes von P a angustifolia. *Bl* Blattfläche. *S* Scheide. *L* Ligula. **D** schwertformiges Blatt von Iris. (1/4)

Nebenblätter. — Indem sich die seitlichen Zipfel der Blattscheide blattähnlich ausbilden, gehen aus denselben die Nebenblätter hervor. Sie sind in manchen Fällen durch einen scheidenförmigen Theil mit dem

Blattstiel verbunden, in anderen Fällen stehen sie frei beiderseits neben der Blattinsertion. Gewöhnlich entstehen die Nebenblätter frühzeitig an den Blattanlagen und entwickeln sich bei manchen Pflanzen so schnell, dass sie die Sprossspitze vollständig überdecken und eine schützende Hülle für dieselbe bilden. Wenn das nächste Blatt sich entfaltet, werden dann meistens die überflüssig gewordenen Schutzorgane frühzeitig abgeworfen. Bei andern Gewächsen entwickeln sich die Nebenblätter zugleich mit dem Blatt und werden zu grünen laubblattähnlichen Assimilationsorganen (Fig. 62**A**). Die tutenförmigen Hüllen, welche bei einigen Gewächsen, z. B. dem Tulpenbaum, den Feigenbäumen und den Magnolien, den Sprossscheitel und die jüngsten Blattanlagen schützend umschliessen, sind ebenfalls Nebenblattgebilde. Sie werden durch das Wachsthum der jüngeren von ihnen eingehüllten Theile des Sprosses schliesslich



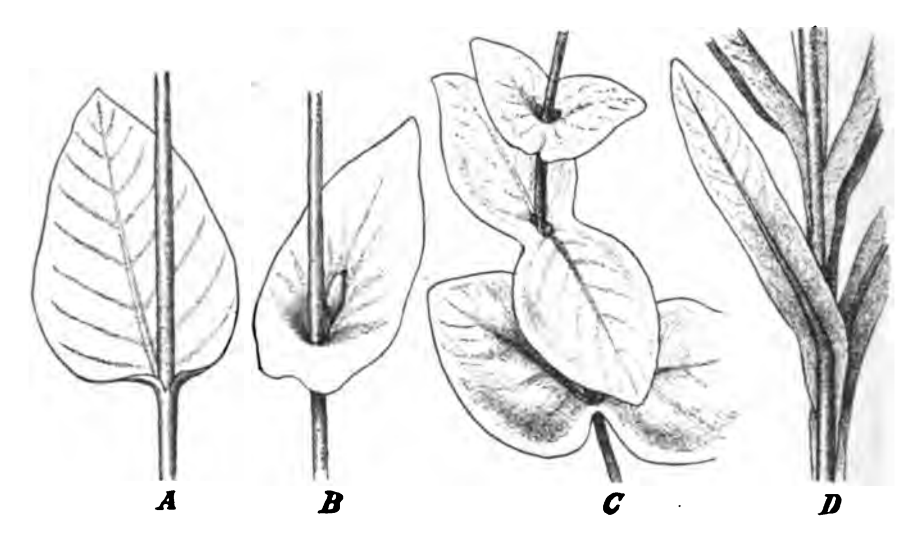
Figur 62.

A Blatt von Viola tricolor mit laubblattartig entwickelten Nebenblättern *N*. **B** Blatt von Polygonum orientale (1/1). Die Nebenblätter bilden eine Ochrea, eine den Spross umhüllende Röhre *O*. **C** Sprossgipfel von Liriodendron (nach Payer). Die Nebenblätter des jüngsten Blattes bilden eine schützende Hülle um die jüngeren Sprosstheile; später wird die Hülle in zwei den Nebenblättern entsprechende Theile *N* aufgelöst.

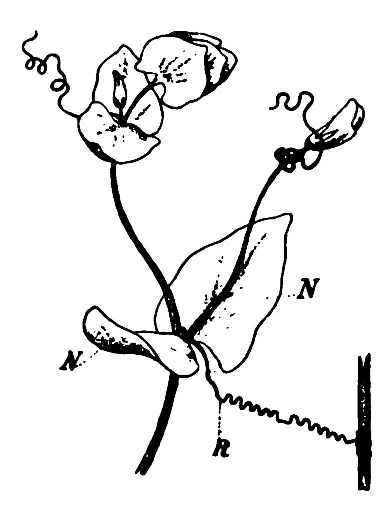
auseinander gedrängt. Bei den Polygonaceen wird die Blatttute an der Spitze durch den fortwachsenden Spross durchbrochen und bleibt als scheidenförmige Hülle, **Ochrea**, am Grunde des Internodiums erhalten (Fig. 62**B**).

Blätter ohne Stiel und Scheide. — Blätter, denen Stiel und Scheide gänzlich fehlen, sind meist mit breiter Basis dem Spross angeheftet. Wenn dabei der Grund der Spreitenhälften jederseits vorgezogen ist und mehr oder minder weit um den Spross herumgreift so wird das Blatt als **stengelumfassend** bezeichnet (Fig. 63**A**). Das stengelumfassende Blatt bildet einen Uebergang zu dem **durchwachsenen** Blatt, bei welchem die um den Spross herumgreifenden basalen Lappen der Spreitenhälften miteinander verwachsen sind (Fig. 63**B**). Wenn zwei an demselben Stengelknoten einander gegenüberstehende Blätter mit ihrer Basis seitlich von der Insertionsstelle zusammengewachsen sind, so heisst das Gebilde ein

verwachsenes Blatt (Fig. 63 **C**). Als **herablaufende** Blätter bezeichnet man stiel- und scheidenlose Blätter, deren Blattfläche sich über die Insertionsstelle hinaus an dem darunter gelegenen Stengelinternodium als flügelartige Verbreiterung fortsetzt (Fig. 63 **D**).



Figur 63. **A** Stengelumfassendes Blatt von Hieracium amplexicaule (1/1). **B** durchwachsenes Blatt von Bupleurum rotundifolium. **C** Sprossstück von Lonicera Caprifolium mit verwachsenen Blättern. **D** Sprossstück von Centaurea montana mit herablaufenden Blättern.



Figur 64. Sprossstück von Lathyrus Aphaca. *N* Nebenblätter. *R* das als Ranke ausgebildete Oberblatt.

4. Metamorphosirte Blätter.

In ähnlicher Weise, wie bei den Wurzeln und den Sprossachsen, finden sich unter den Blättern Gebilde, welche neue, dem normalen Laubblatt nicht zukommende Funktionen übernommen haben und eine dementsprechend veränderte morphologische Ausbildung besitzen.

Blattranken. — Es ist schon früher kurz darauf hingewiesen, dass bei manchen Kletterpflanzen die Kletterorgane aus umgebildeten Blättern bestehen. Der einfachste Fall ist dabei, dass, ohne weitere Aenderung des Blattbaues, der Blattstiel gegen Berührung reizbar ist und sich um die Stütze herumwindet, wie es bei den schildförmigen Blättern der Kapuzinerkresse und anderen der Fall ist.

Weitergehende Metamorphose der Blätter treffen wir in der Familie der Leguminosen an. Dort sind häufig die gefiederten Blattspreiten in ihrem oberen Theil in eine fadenförmige, einfache oder verzweigte Ranke verwandelt, während sie unten normale Fiederblättchen besitzen. Bei Lathyrus Aphaca sind nur die Nebenblätter als assimilirende Flächen erhalten geblieben, während das ganze übrige Blatt eine reizbare Ranke darstellt (Fig. 64). Bei der Keimung entwickelt diese Pflanze erst einige spreitentragende Blätter, an welche sich später in allmählicher Abstufung metamorphosirte Blätter anschliessen, bis endlich nur noch Blattranken und Nebenblätter ausgebildet werden (Fig. 65). Die Blattranken sind entweder wie bei Lathyrus Aphaca einfach, oder sie sind verzweigt entsprechend der Umbildung aus zusammengesetzten Blättern.

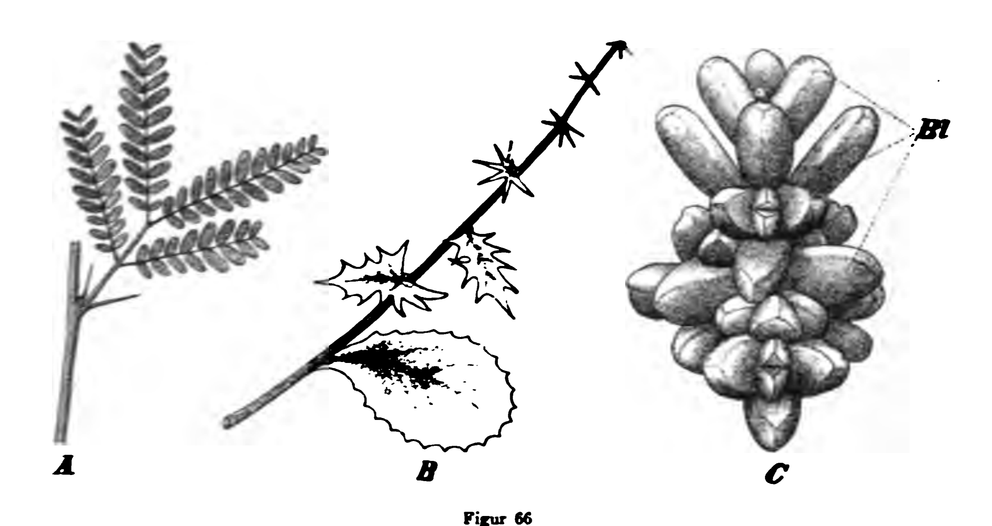
Den umgekehrten Fall, wie bei Lathyrus Aphaca, finden wir in der zu den Monocotyledonen gehörigen Gattung Smilax. Dort ist die eigentliche Blattspreite wohl ausgebildet, während sich aus dem Battgrund Ranken entwickeln.

Dornen. — Die Umbildung von Blatttheilen oder Blättern zu Dornen, zur Abwehr thierischer Feinde, ist nicht selten. Bei dem in Figur 66 A abgebildeten Blatt einer Acacia sind nur die Nebenblätter derartig entwickelt.

Für die Umbildung des ganzen Blattes bietet Berberis ein bekanntes Beispiel. Man findet bei demselben oft an einem Sprosse alle Uebergänge von Blättern mit dorniggezähntem Rande bis zu den charakteristischen handförmig getheilten Blattdornen mit Achselknospen, welche die Blattnatur der Dornen ohne Weiteres erkennen lassen (Fig. 66 B).

Figur 65.
Keimpflanze von Lathyrus Aphaca.
Die ersten Blätter besitzen noch eine Spreite, an den späteren wird dieselbe zur Ranke umgebildet.

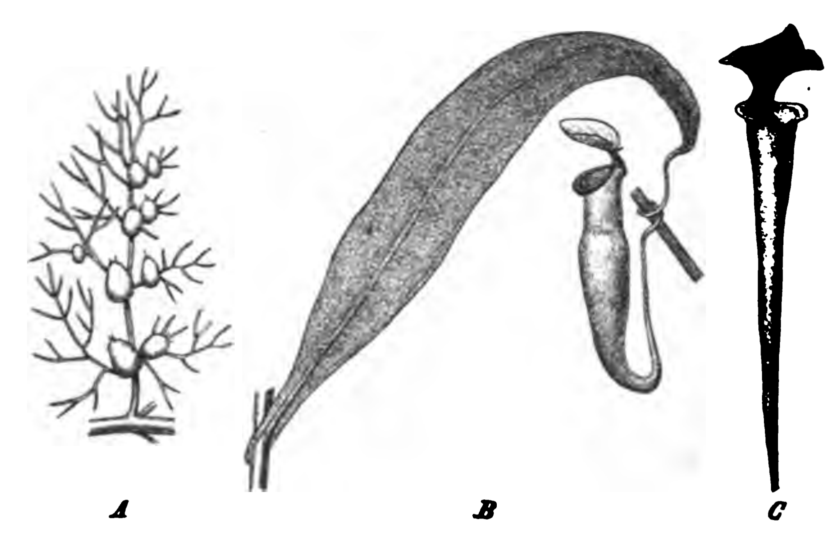
Succulente Blätter. — Die Blätter vieler Mesembryanthemum- und Sedumarten, ferner diejenigen der Agaven und Aloen und mancher



Figur 66

A Blatt von Acacia eburnea, dessen Nebenblätter zu Dornen umgewandelt sind. B Zweig von Berberis vulgaris mit Blattdornen und Uebergangsformen zwischen Laubblättern und Dornen (1 :). C Spross von Mesembryanthemum elegans mit dicken, fleischigen Blättern *Bl.*

anderer Gewächse, die trockene Standorte bewohnen, haben neben ihrer assimilatorischen Thätigkeit die Funktion von Wasserspeichern übernommen. Man bezeichnet derartige Pflanzen als Blattsucculenten. Die

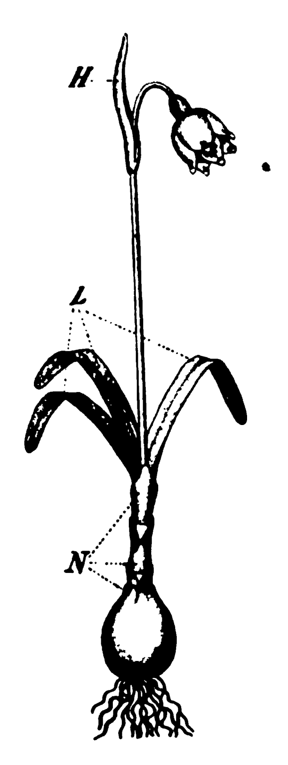


Figur 67.

A Blattstück von Utricularia vulgaris mit zahlreichen Blasen. B Blatt von Nepenthes Mastersi mit einer kannenförmigen Thierfalle (1/3). C Becherförmiges Blatt von Sarracenia flava (1/3).

Blattspreite ist bei ihnen nicht eine dünne Gewebeplatte, sondern ein mehr oder minder dicker fleischiger Körper, dessen Zellen zum Theil Chlorophyll enthalten. Die im Innern gelegenen Gewebetheile sind sehr saftreich und liefern bei eintretender Dürre die Feuchtigkeit zur Unterhaltung der Lebensprozesse im Blatte.

Thierfallen. — Eine der merkwürdigsten Blattmetamorphosen, welche seit ihrem Bekanntwerden das allgemeinste Interesse auf sich gezogen hat, ist die Umbildung von Blättern oder Blatttheilen zu Fangapparaten für kleinere Thiere, welche bei einigen thierfressenden Pflanzen beobachtet wird. Unter den einheimischen Gewächsen zeigen die wasserbewohnenden Utrikularien derartige Einrichtungen (Fig. 67**A**). Einzelne Zipfel des vielfach zertheilten Blattes sind blasenförmig; der enge Eingang zur Blase ist durch eine Klappe verschlossen, welche sich nach innen öffnet und kleinen Thieren leicht Einlass gewährt, den Ausweg aber völlig versperrt. Bei den Nepenthesarten, den Sarracenien und Darlingtonien sind die Blätter oder einzelne Theile derselben zu becher- oder kannenförmigen Gebilden geworden, welche zum Theil mit ausgeschiedener Flüssigkeit gefüllt sind und Fallgruben darstellen, denen die gefangenen Gliederthiere nicht zu entrinnen vermögen (Fig. 67 **B** u. **C**). In Figur 67 **B** ist das metamorphosirte Blatt einer Nepenthesart dargestellt, an welchem die Spreite zu einer Kanne umgebildet ist; der Blattgrund ist blattartig verbreitert, ein mittlerer Theil als Ranke ausgebildet.

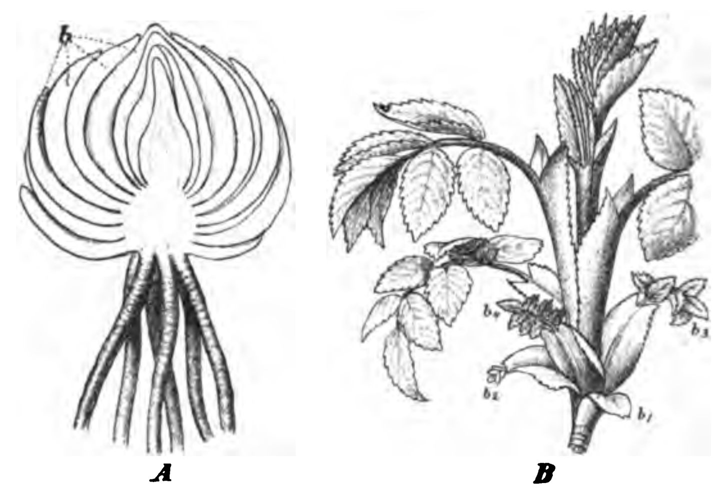


Figur 68.
Leucojum vernum (1/1). *N* Niederblätter. *L* Laubblätter. *H* Hochblatt.

Niederblätter. — Mit dem gemeinschaftlichen Namen Niederblätter hat man ursprünglich gewisse Blattmetamorphosen bezeichnet, welche unterhalb der Laubblattregion an vielen Pflanzen auftreten. Die Analogie zwingt uns aber, gewisse Blattbildungen an der Basis von Seitensprossen, welche hoch oben am Pflanzenkörper entspringen, als Niederblätter zu bezeichnen und an Sprossen, bei denen die Entwickelung der Endknospe durch Ruheperioden unterbrochen wird, wechseln meistens Laubblätter und Niederblätter miteinander ab. Die Niederblätter gehen aus gleichen Anlagen wie die Laubblätter hervor. Diese Anlagen schlagen aber in Folge des Einflusses innerer und äusserer Umstände frühzeitig einen eigenen Entwickelungsgang ein, welcher von dem des Laubblattes wesentlich verschieden ist. Meist werden sie schuppenförmig, indem nur der Blattgrund sich entwickelt, das Oberblatt aber gänzlich oder theilweise verkümmert (Fig. 68). Häufig sind die Niederblätter besonders an unterirdischen Sprossen als die Ueberreste der funktionslos gewordenen und deshalb verkümmerten Laubblätter anzusehen, welche für die Lebens-

verrichtungen der Pflanze keine Bedeutung mehr haben, in anderen Fällen aber haben dieselben besondere biologische Funktionen übernommen und besitzen dementsprechend eine eigenartige Ausbildung.

An manchen unterirdischen Rhizomen mehrjähriger Pflanzen sind die Niederblätter als dicke, fleischige Schuppen entwickelt, deren Zellen mit Reservestoffen erfüllt sind. Diese **Reservestoffbehälter** sind bei manchen Gewächsen in zerstreuter Stellung an den mit gestreckten Internodien versehenen Rhizomen angeordnet. Bei den **Zwiebeln** vieler Monocotyledonen steht dagegen eine grössere Anzahl von reservestoffreichen Niederblättern dicht gedrängt an einer kurzen Achse. Die Schuppen erlangen hier eine bedeutende Flächenausdehnung; die inneren werden von den äusseren dicht umhüllt, so dass ein festes, knollenähnliches Gebilde entsteht.



Figur 69.

A Längsschnitt einer Zwiebel von Lilium tigrinum. *b* Blätter. **B** Austreibende Zweigknospe einer Rose (nach Payer), am Grunde mit Knospenschuppen und mit Uebergangsformen zwischen diesen und den Laubblättern b_1 — b_4.

Indem die zur Zwiebel vereinigten Niederblätter die Sprossachse und die an derselben vorhandenen Knospen fest umhüllen, sind dieselben zugleich Schutzorgane für die jugendlichen Anlagen. Die Funktion einer schützenden Hülle für junge Sprossanlagen kommt den Niederblättern auch sonst in vielen Fällen zu. An der Basis der jüngsten Zweige unserer Holzgewächse finden wir im Frühling gewöhnlich einige schuppenförmige Niederblätter, welche eine lederige Beschaffenheit besitzen. Es sind die **Knospenschuppen,** welche die Anlage des Zweiges im Knospenzustande umhüllten und gegen ungünstige äussere Einflüsse schützten. Wenn sich die Knospe zum Zweig entwickelt, werden die Knospenschuppen abgeworfen. Bei einigen Holzgewächsen sind zwischen den typischen Knospenschuppen und den Laubblättern allmählig abgestufte Uebergangs-

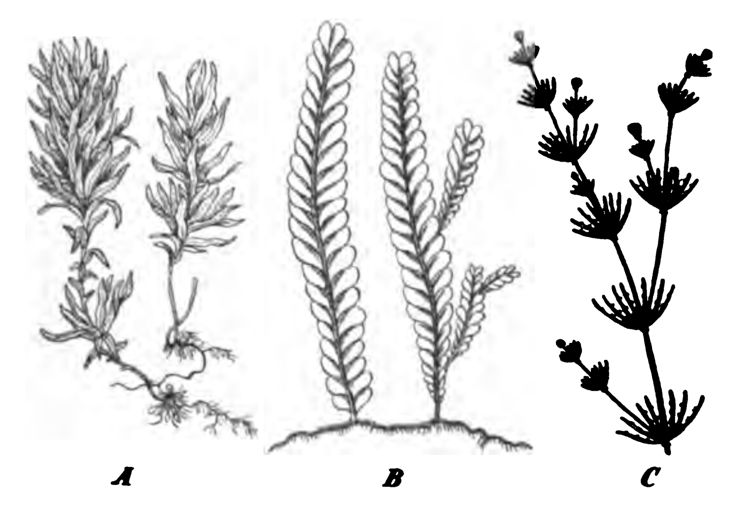
formen vorhanden, welche erkennen lassen, dass die Knospenschuppen in der That als umgewandelte Laubblätter anzusehen sind (Fig. 69 **B**). An den Knospen einiger Holzpflanzen und der meisten Kräuter sind die äussersten Blätter, welche zeitweilig als Schutzorgane der Anlage dienen, nicht abweichend gebaut und entwickeln sich gleich den übrigen Blattanlagen zu Laubblättern; man bezeichnet die Knospen in diesem Falle als nackte Knospen.

Zu den Niederblättern kann man endlich auch die Cotyledonen der Keimpflanzen rechnen, deren Leistung als Reservestoffbehälter, als erste Assimilationsorgane oder als Saugorgane zur Aufnahme der im Samenendosperm vorhandenen Nährstoffe früher schon kurz erwähnt worden ist (vergl. S. 5).

Hochblätter. — Als Hochblätter werden die Blattgebilde oberhalb der Laubblattregion des Sprosses bezeichnet, welche in Form, Farbe oder sonstigen Eigenschaften von den Laubblättern verschieden sind (Fig. 68). Dieselben sind gleichfalls metamorphosirte Laubblätter und oft durch mancherlei Uebergänge mit den Laubblättern verbunden. An rein vegetativen Sprossen werden keine Hochblätter ausgebildet; sie finden sich nur in der Blüthenregion des Sprosses. Die eingehendere Besprechung derselben gehört also in das folgende Kapitel.

5. Der vegetative Spross der niederen Pflanzen.

Die gefässlosen Pflanzen haben, soweit bei ihnen überhaupt ein gegliederter Vegetationskörper vorhanden ist, sehr einfach gebaute Sprosse. Das Stämmchen der Laubmoose ist meistens fadenförmig dünn, bei einigen Arten wächst es senkrecht aufwärts, bei anderen kriecht es am Boden hin,



Figur 70.

A Sprosse eines Laubmooses, Atrichum undulatum. **B** Sprosse eines beblätterten Lebermooses. Plagiochila asplenioides. **C** Spross einer Characee, Chara contraria.

neben einfachen kommen auch reichverzweigte Sprossachsen vor (Fig. 70A). Die sitzenden Blätter sind klein und zart, die Nervatur fehlt entweder gänzlich oder es ist nur eine Mittelrippe vorhanden. Die Blattspreite ist meist einfach und flach ausgebreitet oder muschelartig gekrümmt. Die Blätter der Lebermoose sind häufig gelappt, gespalten oder getheilt. Bei den Lebermoosen mit thallosem Spross sind keine Blätter ausgegliedert, der ganze Spross stellt eine laubartige Assimilationsfläche mit dorsiventralem Bau dar, welcher mit zarten Haarwurzeln am Boden befestigt ist (Fig. 20).

Unter den Algen besitzen die Characeen verhältnissmässig hochorganisirte Sprosse. Es ist eine Sprossachse mit unbegrenztem Spitzenwachsthum vorhanden, aus deren durch längere Internodien getrennten Knoten Blätter mit begrenztem Wachsthum und Seitensprosse entspringen (Fig. 70C). Die Blätter sind cylindrisch, einfach oder verzweigt, und enthalten, wie die Zellen der Sprossachse, reichlich Chlorophyll. Die thallosen Sprosse der Meeresalgen besitzen zum Theil gleichfalls eine verhältnissmässig weitgehende Differenzirung. So kann man an der Siphonee Caulerpa, welche einen sehr einfachen anatomischen Bau aufweist, einen rhizomartig kriechenden bewurzelten Theil unterscheiden, an welchem nach oben hin laubartig ausgebreitete Assimilationsflächen stehen (Fig. 71). Der Spross der riesenhaften Meeresalge Macrocystis, ist mit einem wurzelartigen Haftorgan am Meeresboden befestigt; er erhebt sich als cylindrischer Strang bis an die Oberfläche des Wassers und trägt dort blattähnliche seitliche Anhängsel. Die Entstehung dieser blattähnlichen Gebilde weicht aber von derjenigen der Blätter höherer Pflanzen wesentlich ab. Unmittelbar hinter dem Vegetationspunkt stellt der Spross eine thallose Fläche dar, aus welcher erst durch nachträgliche Spaltung die Achse und die seitlichen Anhängsel ausgegliedert werden. Häufig sind aber die Sprosse der Algen viel einfacher gebaut, wie die früher schon erwähnten Beispiele von Dictyota (Fig. 6B) und Botrydium (Fig. 1) zeigen.

Figur 71.
Vegetationskörper der Meeresalge Caulerpa prolifera.

Viertes Kapitel. Die Blüthe.

Die die geschlechtliche Fortpflanzung vermittelnden Reproduktionsorgane entstehen bei den Gefässpflanzen an Blättern. Bei vielen Farnen sind die grünen Laubblätter direkt die Träger der Reproduktionsorgane, bei anderen dienen diesem Zwecke besondere, mehr oder weniger modificirte Blattorgane, welche als Sporophylle bezeichnet werden. Dieselben stehen entweder zwischen den vegetativen Blättern oder sie sind in einer besonderen Region des vegetativen Sprosses zusammengestellt.

Die Samenpflanzen besitzen besondere, reproduktive Sprosse oder Sprossabschnitte, welche statt der Laubblätter Sporophylle tragen. Diese reproduktiven Sprosse werden Blüthen genannt. Meist sind an denselben neben den Sporophyllen noch andere metamorphosirte Blattorgane vorhanden, welche schützende Hüllen für die Sporophylle darstellen oder in anderer Weise indirekt an dem Zustandekommen der geschlechtlichen Fortpflanzung mitwirken.

Man theilt nach der Beschaffenheit der Blüthen die Samenpflanzen in Angiospermen und Gymnospermen, wobei die Anordnung der Samenanlagen (der Organe, welche die Eizellen einschliessen) das wesentliche Unterscheidungsmerkmal bildet. Bei den Angiospermen sind die Samenanlagen in einen Fruchtknoten, ein von Sporophyllen gebildetes, kapselartiges Gehäuse eingeschlossen; bei den Gymnospermen stehen sie frei auf der Oberfläche der Sporophylle. Auch im Uebrigen sind zwischen den Blüthen der beiden Gruppen grosse Unterschiede vorhanden.

Wir werden in der folgenden Darstellung der morphologischen Verhältnisse mit der Angiospermenblüthe beginnen und zum Schluss auch die weit einfachere Blüthe der Gymnospermen einer kurzen Betrachtung unterziehen.

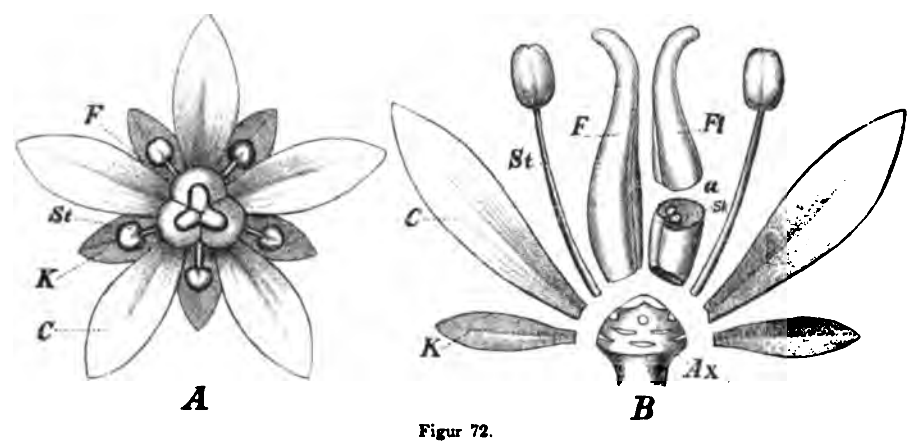
1. Die Organe der Angiospermenblüthe und ihre räumlichen Beziehungen zu einander.

Die Blüthentheile. — Die Blüthe ist ein metamorphosirter Spross oder Sprossabschnitt, der die Funktion hat, Geschlechtsorgane hervorzubringen und die geschlechtliche Fortpflanzung zu vermitteln. Man kann an der Blüthe, wie an jedem Spross, die Achse und die seitlichen Organe, die Blätter, unterscheiden (vergl. Fig. 72). Die Letzteren lassen sich in drei Gruppen eintheilen, die man als Blüthenhülle (Perianth), Androeceum und Gynaeceum bezeichnet.

Die **Blüthenhülle** ist ein unwesentlicher Theil der Blüthe in sofern, als sie nur als Schutzorgan für die inneren Blüthentheile fungirt oder durch Anlockung der zur Uebertragung des Blüthenstaubes nöthigen Insekten doch nur indirekt an der Vermittelung der geschlechtlichen Fortpflanzung betheiligt ist. In manchen Fällen sind die zur Blüthenhülle

zusammentretenden Blätter alle von ähnlicher Gestalt und Beschaffenheit; man nennt die Blüthenhülle dann ein **Perigon**. In anderen Fällen sind die Blätter der Blüthenhülle ungleich: die äusseren sind grün gefärbt, von derber, krautartiger Beschaffenheit — man bezeichnet sie in ihrer Gesammtheit als **Kelch** (Calyx); die inneren, nicht grüngefärbten sind zarthäutig und meist auch in der Form von den äusseren verschieden; sie bilden die **Krone** (Corolla).

Auf die Blüthenhülle folgt nach Innen zu eine Anzahl von **Staubblättern**, meist faden- oder säulenförmigen Gebilden, welche an ihrem oberen Ende die Pollensäcke mit dem Blüthenstaub tragen. Die Staubblätter stellen in ihrer Gesammtheit den männlichen Theil der Blüthe, das **Androeceum**, dar. Das **Gynaeceum**, der weibliche Blüthentheil, nimmt das Centrum der Blüthe ein. Es besteht gleichfalls aus einer



Figur 72.

Schema der Angiospermenblüthe.

A Blüthe von oben. **B** zerlegte Blüthe; von den gleichartigen Gliedern der einzelnen Blattkreise sind nur je zwei gezeichnet. *Ax* Blüthenachse mit den Narben der abgetrennten Blattorgane, *K* Kelchblatt, *C* Kronblatt, *St* Staubblatt, *F* Fruchtblatt. Das Fruchtblatt *Fl* ist bei *a* durchschnitten, um zu zeigen, dass dasselbe einen Hohlraum umschliesst, in welchem die Samenanlagen *Sk* enthalten sind.

Anzahl von Blattgebilden, den **Fruchtblättern** oder Carpellen, welche zu einem oder mehreren kapselartigen Gehäusen, den **Fruchtknoten**, vereinigt sind. In den Fruchtknoten sind die **Samenanlagen** eingeschlossen, aus denen nach der Befruchtung die Samen der Pflanze sich entwickeln. Nicht in allen Blüthen finden sich die drei Organgruppen: Blüthenhülle, Androeceum und Gynaeceum vollständig entwickelt. Häufig fehlt die Blüthenhülle gänzlich oder es ist nur ein Theil derselben, entweder nur der Kelch oder nur die Krone vorhanden. Blüthen, welche zugleich ein Androeceum und Gynaeceum besitzen, werden zwitterig (monoclin) genannt. Wenn nur eines der beiden, entweder nur das Gynaeceum oder nur das Androeceum, in einer Blüthe vorhanden ist, so wird diese als eingeschlechtige (dicline), als weibliche oder männliche Blüthe bezeichnet. Selbstverständlich müssen in diesem Falle zum Zustandekommen der geschlechtlichen Fortpflanzung

beiderlei Blüthen, männliche und weibliche, bei derselben Pflanzenart vorhanden sein. Finden sich beiderlei Blüthen auf derselben Pflanze, so nennt man die Art **monöcisch**; sind die männlichen und weiblichen Blüthen auf verschiedene Exemplare der Pflanzenart vertheilt, so wird diese als **diöcisch** bezeichnet. Blüthen, denen beiderlei Geschlechtsorgane fehlen, können natürlich die geschlechtliche Fortpflanzung nicht direkt vermitteln. Wir finden derartige Gebilde bei einigen Pflanzenfamilien neben vollständigen Blüthen. Ihre vergrösserte Blüthenhülle dient den unscheinbaren geschlechtlichen Blüthen als Anlockungsmittel der Insekten.

Nur bei wenigen Pflanzen nimmt die Blüthe die Spitze des Hauptsprosses ein; meist stehen die Blüthen als Seitensprosse an vegetativen Sprossen oder an anderen Blüthensprossen. Das Blatt der Abstammungsachse, in dessen Achsel die Blüthe steht, wird wie bei den vegetativen Sprossen als **Deckblatt** oder Tragblatt bezeichnet (Fig. 73); es ist häufig ein in Form und Ausbildung von den Laubblättern verschiedenes Hochblatt. An dem Blüthenspross stehen unterhalb der eigentlichen Blüthe meist noch ein oder mehrere Hochblätter, welche als **Vorblätter** bezeichnet werden. Ihre Stellung an der Achse und ihre Zahl gehören mit zur Charakteristik der Blüthen. Bei mehrblüthigen Pflanzen entspringen häufig in der Achsel der Vorblätter einer Blüthe seitliche Blüthen höherer Ordnung, so dass also die Vorblätter der einen Blüthe zugleich Deckblätter für die anderen Blüthen sind.



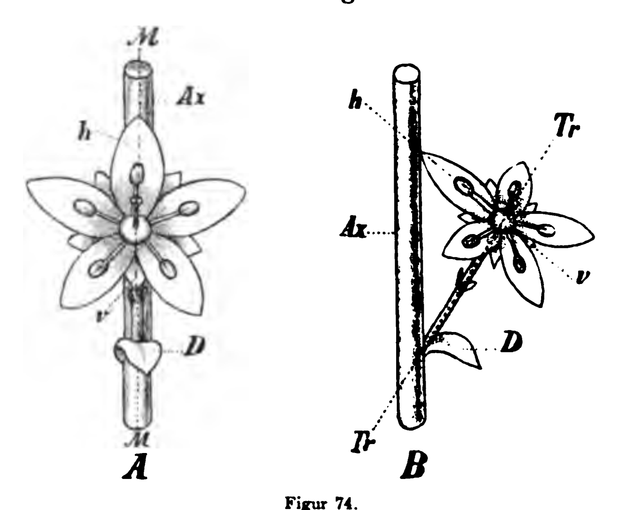
Figur 73.
Blüthe von Dictamnus. Dieselbe steht an der Abstammungsachse *Ax*, in der Achsel des Deckblattes *D* und besitzt zwei Vorblätter *V*.

Die Stellung der Blüthentheile. — Bezüglich der Anordnung der Blattgebilde an der Blüthenachse sind wie bei den Laubblättern die Quirlstellung und die Spiralstellung zu unterscheiden. Während aber die Stellung aller Laubblätter einer Pflanze immer die gleiche ist, können in den Blüthen Quirlstellung und Spiralstellung mit einander abwechseln. Sind alle Organe einer Blüthe in Quirlen angeordnet, so bezeichnet man die Blüthe als **cyklisch.** Stehen alle Organe in Spiralstellung, so ist die Blüthe **acyklisch.** Sind einzelne Organgruppen in Quirlen, andere spiralig gestellt, so wird die Blüthe **hemicyklisch** genannt.

Die Zahl der zu einem Blattkreis vereinigten Organe bewegt sich innerhalb weiter Grenzen, ist indessen für die einzelne Art meistens constant. Je nachdem ein, zwei, drei oder mehr Glieder in einem Blattkreis vorhanden sind, wird derselbe als mono-, di-, tri- oder polymer bezeichnet. Wenn die aufeinanderfolgenden Blattkreise in der Blüthe isomer sind, d. h. aus gleichviel Gliedern bestehen, so sind zwei verschiedene Anordnungen möglich. Entweder liegen die Insertionen der Glieder beider Kreise auf denselben Radien; es stehen also die Glieder des inneren Kreises in radialer Richtung gerade vor denen des äusseren; man sagt dann, die Glieder des inneren Kreises sind denen des äusseren

superponirt. Im andern Falle stehen die Glieder des inneren Kreises vor der Lücke zwischen zwei Gliedern des äusseren Kreises, dann bezeichnet man dieselben als **alternirend.** Sehr häufig ist der Fall, dass die Anzahl der Organe in den einzelnen Kreisen verschieden ist. Die mannigfaltigen Zahlen- und Stellungsverhältnisse, welche so zu Stande kommen, sind nicht nur bei derselben Pflanzenart stets dieselben, sondern sie zeigen oft auch in grösseren Gruppen des Pflanzenreiches weitgehende Aehnlichkeit.

Zur Bezeichnung der Lage der einzelnen Blüthentheile bedient man sich einiger leicht verständlicher Ausdrücke (vergl. die Schemata in Fig. 74). Die der Abstammungsachse zugekehrte Seite der Blüthe ist **hinten,** die von derselben abgewandte **vorne.** Die durch die Achse der Blüthe und zugleich durch die Abstammungsachse gelegte Ebene ist die Medianebene oder **Mediane;** sie theilt die Blüthen, entsprechend den Ausdrücken vorne und hinten, in eine rechte und linke Seite. Die Ebene, welche rechtwinkelig zu der Mediane durch die Blüthenachse gelegt wird, ist die Transversalebene oder **Transversale.** Die beiden Ebenen, welche die rechten Winkel zwischen Mediane und Transversale halbiren, sind die **Diagonalebenen.**



Figur 74.

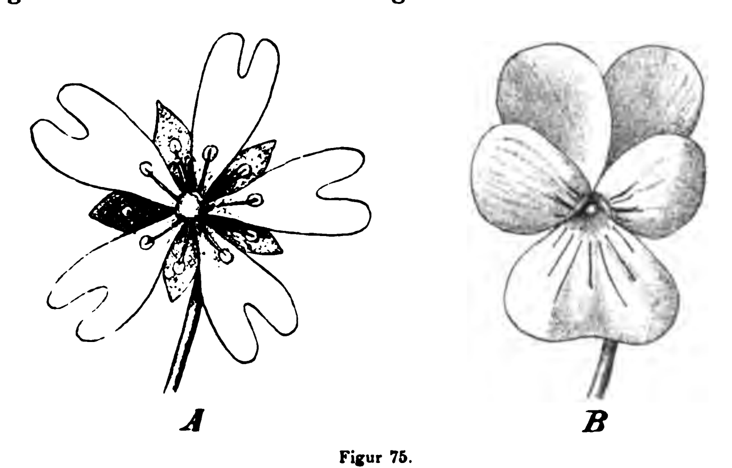
Schema einer seitenständigen Blüthe.
A von vorne. **B** von der Seite. *Ax* Abstammungsachse. *D* Deckblatt. *h* hinten, *v* vorne. *M—M* die Medianebene, *Tr—Tr* Transversalebene, beide senkrecht zur Fläche des Papiers.

Die Symmetrieverhältnisse in der Blüthe. — Viele Blüthen sind vollkommen radiär gebaut; die Blätter der Blüthenhüllen, die Staubblätter und die Carpelle sind ringsherum gleichmässig an der Achse vertheilt und besitzen in den einzelnen Kreisen unter sich die gleiche Grösse und Gestalt; derartige Blüthen werden **aktinomorph** genannt (Fig. 75**A**). Indem aber bei anderen Blüthen die Vertheilung der Organe um die Achse eine ungleichmässige wird, oder indem die Glieder in den einzelnen Kreisen in Gestalt und Grösse von einander abweichen, kommen unregelmässige Blüthenformen zu Stande. Meist sind die unregelmässigen Blüthen dorsiventral gebaut, d. h. sie lassen sich durch eine Ebene in zwei symmetrische Hälften zerlegen; sie werden dann **zygomorph** genannt (Fig. 75**B**).

Meist fällt die Symmetrieebene der dorsiventralen Blüthen mit der Mediane zusammen; man nennt die Blüthen dann medianzygomorph.

Indess sind auch transversalzygomorphe und schrägzygomorphe Blüthen, bei denen die Transversale oder eine zwischen Mediane und Transversale fallende Ebene die Symmetrieebene ist, nicht gerade selten. Gänzlich unsymmetrische Blüthen kommen nur bei wenigen Gewächsen vor.

Diagramm und Blütenformel. — Man kann die Zahl-, Stellungs- und Symmetrieverhältnisse in einer Blüthe leicht übersichtlich durch einen schematischen Grundriss, ein **Diagramm**, darstellen, in welchem die einzelnen Organe nach Uebereinkunft durch besondere Zeichen wiedergegeben werden. Im Allgemeinen werden Zeichen gewählt, welche annähernd dem Querschnitt der betreffenden Organe entsprechen. Verwachsungen der einzelnen Blüthentheile werden durch graphische Verbindung der betreffenden Zeichen ausgedrückt.



Figur 75.

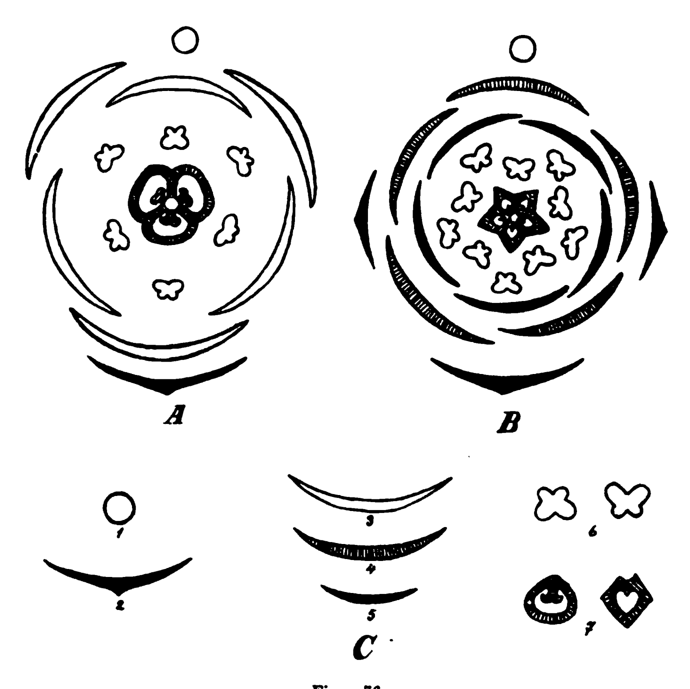
A aktinomorphe Blüthe von Cerastium silvaticum (5/1)
B zygomorphe Blüthe von Viola tricolor (2/1).

Die Figur 76 **A** stellt das Blüthendiagramm der Herbstzeitlose, die Figur 76 **B** dasjenige des Wiesen-Storchschnabels dar. Mit Hülfe der auch für alle folgenden Diagramme gültigen Zeichenerklärung (Fig. 76 **C**) sind aus denselben alle Einzelheiten des Blüthenbaues ohne Weiteres zu ersehen. Die Blüthe von Colchicum ist aktinomorph und steht seitlich am Spross in der Achsel eines Deckblattes; Vorblätter sind nicht vorhanden. Das Perigon besteht aus zwei dreigliedrigen, alternirenden Wirteln; die beiden ebenfalls dreigliedrigen Staubblattkreise setzen die Alternanz regelmässig fort. Der Fruchtknoten wird von drei Carpellen gebildet, welche wieder mit dem inneren Kreise des Androeceums alterniren. Bei der ebenfalls aktinomorphen Blüthe des Storchschnabels stehen an dem in der Achsel des Deckblattes entspringenden Blüthenstiel zwei seitliche Vorblätter. Die fünf Kelchblätter stehen in einer Spirale in $^2/_5$ Divergenz angeordnet. Die fünf Kronblätter stehen im Quirl und alterniren mit den Kelchblättern. Das Androeceum besteht aus zwei fünfgliedrigen, alternirenden Staubblattwirteln, deren äusserer dem Kreis der Kronblätter superponirt ist. Die fünf Glieder des Gynaeceums alterniren mit den inneren Staubblättern.

Ausser den Diagrammen werden auch noch Blüthenformeln für die kurze Charakterisirung der Blüthen verwendet. In denselben werden die Organgruppen durch einzelne Buchstaben, die Zahl der Glieder in den einzelnen Kreisen durch Ziffern ausgedrückt. Sind einzelne Organe mit einander verwachsen, so werden die betreffenden Ziffern eingeklammert. P = Perigon, K = Kelch, C = Krone, A = Androeceum, G = Gynaeceum.

Dem Diagramm der Figur 76 **A** entspricht also die Formel:

$$P\,3+3 \quad A\,3+3 \quad G\,(3).$$



Figur 76.

Blüthendiagramme.

A Colchicum autumnale. **B** Geranium pratense. (Erklärung im Text.)
C die Zeichen für die einzelnen Blüthentheile: 1 Abstammungsachse, 2 Deck- oder Vorblatt, 3 Perigonblatt, 4 Kelchblatt, 5 Kronblatt, 6 Staubblätter, 7 Fruchtblätter.

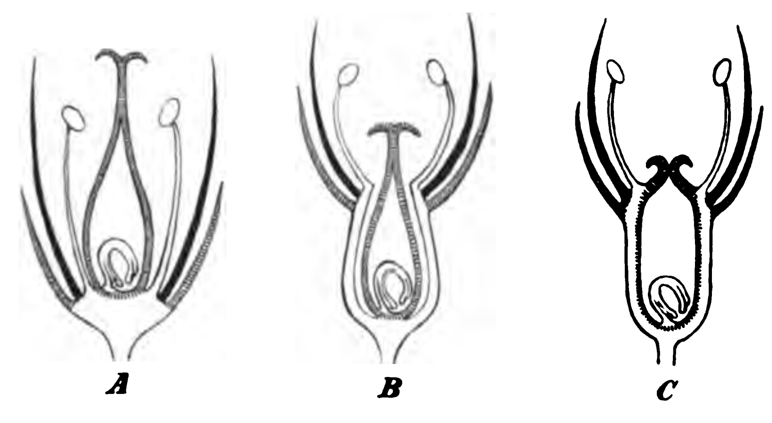
Die Formel für das Diagramm der Figur 76 B lautet:

$$K\,5 \quad C\,5 \quad A\,5+5 \quad G\,(5).$$

Die Blüthenformel gibt hauptsächlich nur die Zahlenverhältnisse in der Blüthe an, während das Diagramm auch die Stellung der Glieder zu einander und die Symmetrieverhältnisse der Blüthe erkennen lässt. Indem aber die Blüthenformel nur die wesentlichsten Merkmale der Blüthe zum Ausdruck bringt, von allen unwesentlichen Bauverhältnissen aber unbeeinflusst bleibt, lassen sich in derselben die principiellen Uebereinstimmungen und Verschiedenheiten im Blüthenbau der verschiedenen Pflanzengruppen viel leichter überblicken, als in dem specialisirenden Diagramm.

2. Die Plastik der Blüthentheile.

Die Blüthenachse. — Die Blüthenachse besitzt ein begrenztes Wachsthum; das embryonale Gewebe ihres Vegetationspunktes wird meist ganz zur Ausbildung der Blätter und der Geschlechtsorgane aufgebraucht, so dass die innersten Blattgebilde der Blüthe direkt auf dem Sprossscheitel oder doch unmittelbar unter demselben entstehen. Der unter der Blüthe liegende Theil der Blüthenachse wird Blüthenstiel genannt. Internodien sind an der Blüthenachse zwischen den Blattkreisen der Blüthe in der Regel nicht ausgebildet; die Blattorgane stehen an derselben dicht gegedrängt. Meist ist der obere Theil der Blüthenachse kreiselförmig verbreitert (Fig. 72 **B**, *Ax*), so dass die einzelnen Organe nicht über und unter einander, sondern neben einander auf dem Ende der Achse stehen,



Figur 77.

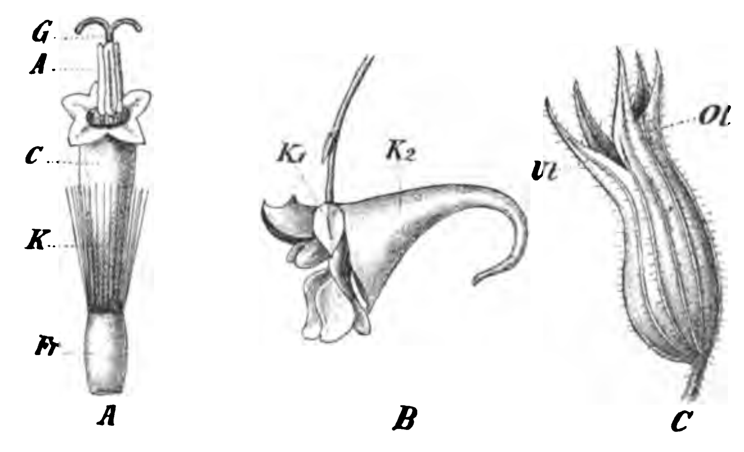
Schematische Blüthenlängsschnitte. Blüthenachse und Staubblätter sind weiss, Kelch- und Fruchtblätter sind schraffirt, Kronblätter sind schwarz gezeichnet; im Innern des Fruchtknotens ist eine Samenanlage angedeutet.

A epipyne Blüthe; Fruchtknoten oberständig. **B** perigyne Blüthe; Fruchtknoten mittelständig. **C** hypogyne Blüthe; Fruchtknoten unterständig.

wie aus dem schematischen Blüthenlängsschnitt in Figur 77 **A** ersichtlich ist. Man bezeichnet solche Blüthen als **hypogyn,** das die Mitte der Blüthe einnehmende Gynaeceum als **oberständig.** Indem nun bei manchen Blüthen die Zone der Blüthenachse, welche die Blüthenhülle und die Staubblätter trägt, ein stärkeres Wachsthum erfährt und sich wie ein Ringwulst über das Centrum der Blüthe erhebt, wird die Achse zu einem becher- oder krugförmigen Gebilde, auf dessen Rande die Blüthenhülle und die Staubblätter inserirt sind, während das Gynaeceum frei im Grunde der Vertiefung steht. Diese Form der Blüthe, welche als **perigyn** bezeichnet wird, ist durch das Schema in Figur 77 **B** dargestellt. Die Fruchtknoten perigyner Blüthen sind **mittelständig.** Sind endlich die Fruchtblätter mit dem von der Blüthenachse gebildeten Becher verwachsen,

so dass nur die oberen Theile derselben frei über die Insertionsstelle der Blüthenhülle und der Staubblätter hervorragen, wie es in Figur 77 **C** schematisch dargestellt ist, so heisst die Blüthe **epigyn**; der Fruchtknoten ist **unterständig** oder **halbunterständig**, je nachdem ein kleineres oder grösseres Stück der Carpelle über den Rand des Bechers emporragt.

Bei einigen Pflanzenarten sind zwischen den Blattkreisen der Blüthe schuppen- oder polsterförmige Auswüchse der Achse vorhanden, welche als **Nektarien** dienen, d. h. sie sind Sekretionsorgane, welche eine meist süsse Flüssigkeit abscheiden, durch welche die Insekten zum Besuche der Blüthen angelockt werden. Bisweilen erreichen derartige Auswüchse eine ziemliche Ausdehnung und treten zu einem Ringwulst in der Blüthe zu-



Figur 78.

A Blüthe einer Composite, deren Kelch *K* in haarförmige Zipfel aufgelöst ist. *Fr* der unterständige Fruchtknoten. *C* die Krone. *A* die Staubblätter. *G* der Griffel.
B hängende Blüthe von Impatiens nolitangere. Das Kelchblatt K_2 ist gespornt und bedeutend grösser als das andere sichtbare Kelchblatt K_1.
C zweilippiger, verwachsenblättriger Kelch von Calamintha alpina. *Ul* Unterlippe, *Ol* Oberlippe.

sammen, welcher als **Diskus** bezeichnet wird. Man unterscheidet intrastaminale und extrastaminale Lage des Diskus, je nachdem derselbe innerhalb oder ausserhalb des durch den Staubblattkreis umgrenzten Theiles der Achsenoberfläche liegt.

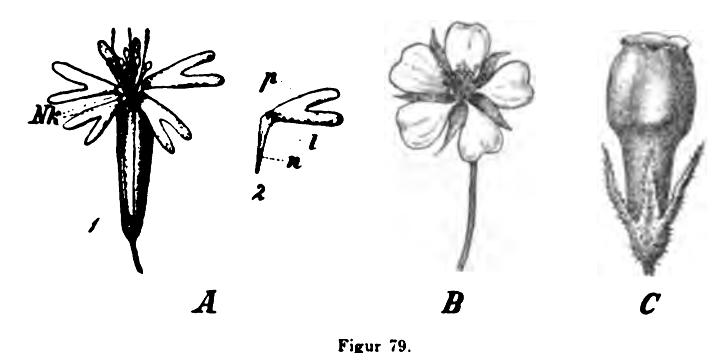
Die Blüthenhülle. — Die Blüthenhülle wird, wie erwähnt, häufig von zwei Blattkreisen gebildet, von denen der äussere den Kelch, der innere die Krone darstellt. Die Blätter des Kelches werden **Sepalen** genannt; sie sind meist von derber Beschaffenheit und laubgrün gefärbt. Eine Gliederung in Stiel und Spreite ist bei ihnen nicht vorhanden. Sie sind gewöhnlich ganzrandig und einfach geformt und sitzen mit breiter Basis an der Blüthenachse.

In einigen Pflanzengattungen, bei vielen Compositen zum Beispiel, sind die Sepalen nicht blattförmig ausgebildet, sondern sie sind in feine

haarförmige Zipfel aufgelöst, welche nach dem Abfall der übrigen Blüthentheile als Haarschopf oder Pappus an der Frucht erhalten bleiben und als Flugapparat die Fortführung der Frucht durch den Wind ermöglichen (Fig. 78 **A**). Bisweilen sind die Kelchblätter an den Blüthen nur als kleine, wenig über die Oberfläche der Blüthenachse hervortretende grüne Höckerchen entwickelt; in manchen Blüthen fehlen sie gänzlich.

Bei vielen Pflanzen stehen die Kelchblätter alle frei neben einander auf der Blüthenachse. In anderen Fällen sind dieselben mehr oder weniger weit mit einander seitlich verwachsen, so dass röhrenförmige, glockenförmige, trichterförmige Kelche entstehen, aus denen nur die oberen Theile der Sepalen als freie Zipfel hervortreten.

Ungleichmässige Ausbildung der Kelchblätter ist nicht gerade häufig. Gelegentlich zeichnet sich eines der Blätter durch besondere Form aus; so ist z. B. in der Blüthe der Balsamine ein Kelchblatt bedeutend grösser als die übrigen und gespornt, d. h. es ist an demselben ein schmaler, sackartiger Auswuchs vorhanden (Fig. 78 **B**). Auch an verwachsenblättrigen Kelchen



Figur 79.

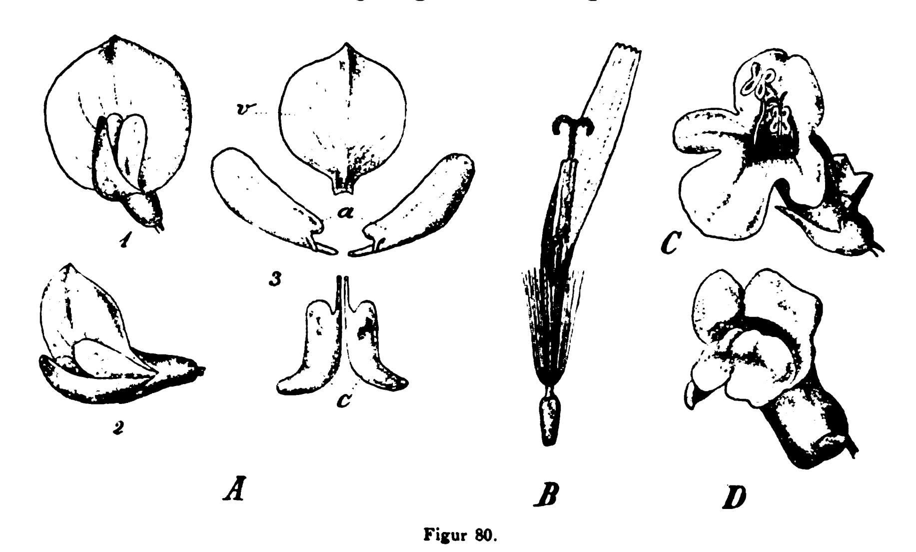
A 1. Blüthe von Silene pilosa mit Nebenkrone *Nk*. 2. ein Kronblatt: *n* Nagel, *p* Platte, *l* Ligula.
B choripetale Blüthe von Potentilla alba **C** gamopetale Blüthe von Symphytum officinale.

können derartige Unregelmässigkeiten vorkommen; bei den Labiaten und Leguminosen sind z. B. die Kelche meist zweilippig, indem auf zwei gegenüberliegenden Seiten die Sepalen einander genähert sind und Gruppen bilden, zwischen denen die Verwachsung weniger weit hinauf reicht, als zwischen den einzelnen Gliedern der Gruppe; häufig ist dann auch die Form der Kelchzipfel auf den gegenüberliegenden Seiten verschieden (Fig. 78 **C**).

Die Blätter der Krone, die **Petalen**, übertreffen gewöhnlich die Kelchblätter an Grösse und sind meist auffällig bunt oder weiss gefärbt. Die Grösse und die Färbung machen die Kronblätter geeignet, die Aufmerksamkeit der honig- oder pollensammelnden Insekten zu erregen; ihre Gestalt nöthigt oft die Insekten beim Besuch der Blüthen zu Körperstellungen und Bewegungen, durch welche die Uebertragung des Blüthenstaubes von Bluthe zu Blüthe ermöglicht wird. Gewöhnlich sind die Petalen flachblattartig und sitzen mit verschmälertem Grunde an der Achse. Oft ist der untere schmale Theil lang ausgezogen, so dass man deutlich einen flächenförmigen Theil, die **Platte**, und einen stielförmigen Theil, den

Nagel, an dem Kronblatt unterscheiden kann. Wo der Nagel in die Platte übergeht, findet sich manchmal eine Ligula (vergl. S. 50); so wird z. B. in der Blüthe von Silene durch die Ligulargebilde der Petalen eine **Nebenkrone** gebildet (Fig. 79 **A**). Blüthen, in denen die Petalen frei neben einander stehen, heissen **choripetal** (Fig. 79 **B**). Häufig sind die Petalen seitlich mit einander zu röhren-, glocken- oder trichterförmigen Gebilden verwachsen; die Blüthen heissen dann **gamopetal** oder **sympetal** (Fig. 79 **C**). Die Verwachsung der Kronblätter wird im Diagramm durch die Verbindung der einzelnen Zeichen ausgedrückt.

Zygomorphie der Krone ist sowohl bei choripetalen als bei gamopetalen Blüthen weit verbreitet. Zwischen den einfachen Fällen, in denen einzelne Kronblätter durch geringe Abweichung in Gestalt und Grösse



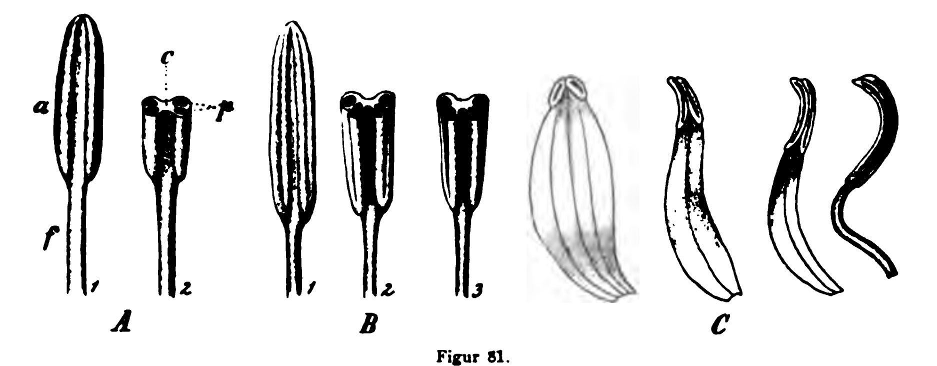
Figur 80.

A Schmetterlingsblüthe. 1. von vorne, 2. von der Seite gesehen; 3. die einzelnen Kronblätter: *v* Fahne, *a* die Flügel, *c* die das Schiffchen bildenden beiden vorderen Kronblätter. **B** Zungenblüthe von Taraxacum officinale. **C** Lippenblüthe von Melissa officinalis. **D** Maskirte Lippenblüthe von Antirrhinum majus.

eine Unregelmässigkeit bedingen und den complicirten, absonderlich gebauten Kronen, wie sie z. B. bei manchen Orchideen sich finden, sind mancherlei Abstufungen vorhanden. Häufiger vorkommende Fälle sind das Auftreten einzelner gespornter oder kapuzenförmiger Kronblätter, die Schmetterlingsblüthen, die Zungenblüthen und die Lippenblüthen. Die **Schmetterlingsblüthen**, welche bei den Leguminosen vorkommen, besitzen eine fünfblättrige, choripetale Krone. Das hintere Blatt ist breit und meist flach; es wird **Fahne** genannt. Die daran schliessenden seitlichen Petalen heissen die **Flügel**; die beiden vorderen, welche dicht aneinander liegen oder gar mit einander verwachsen sind, bilden das **Schiffchen** (Fig. 80 **A**). Die **Zungenblüthen** treffen wir bei den Compositen an; sie sind gamopetal und die oberen Theile einiger oder aller

Petalen bilden einen schmalen, bandartigen Streifen, welcher mehr oder minder weit über den röhrenförmigen Theil der Krone emporragt (Fig. 80 **B**). Bei den ebenfalls gamopetalen **Lippenblüthen**, die in mehreren Pflanzenabtheilungen vorkommen, setzt sich der Rand der durch Verwachsung von fünf Kronblättern zu Stande gekommenen Kronröhre in zwei meist gewölbten, median gestellten Lappen fort (Fig. 80 **C**). Der hintere Lappen, welcher oft von zwei Petalen gebildet wird, heisst Oberlippe; der vordere, an dessen Bildung meist drei Petalen Theil nehmen, heisst Unterlippe. Wenn die Unterlippe eine blasenartige Vorwölbung besitzt, welche den Schlund der Kronröhre verschliesst, so wird die Krone als **maskirt** oder **personat** bezeichnet (Fig. 80 **D**).

Unregelmässigkeit der Krone kann auch dadurch zu Stande kommen, dass einzelne Kronblätter in der Entwickelung zurückbleiben oder gänzlich unterdrückt werden. An dieses Vorkommen schliessen sich endlich Fälle an, in denen die Krone vollständig fehlt.



Figur 81.

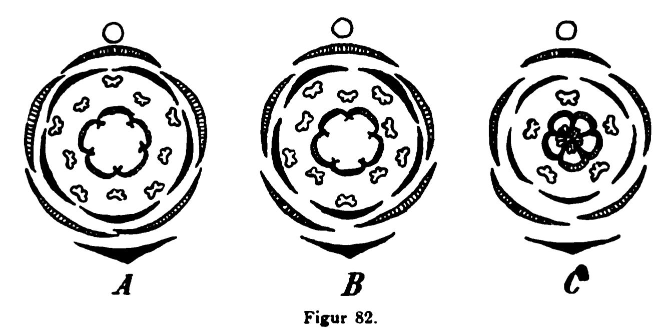
A1 u. **B**1 Staubblätter mit verschiedener Anordnung der Antherenhälften. *f* Filament. *a* Anthere. **A**2 u. **B**2 dieselben mit durchschnittener Anthere. *c* Connectiv. *p* Pollensäcke. **B**3 Staubblatt nach der Oeffnung der Antherenfächer quer durchschnitten. Je zwei Pollensäcke bilden ein Antherenfach. **C** verschieden geformte Staubblätter aus einer Blüthe der Wasserrose.

Ist die Blüthenhülle ein Perigon, ist also kein Unterschied zwischen den einzelnen Blättern vorhanden, so können die letzteren in Form und Ausbildung entweder alle kelchartig (calycinisch) oder alle kronartig (corollinisch) gebildet sein. Bei einigen Pflanzen findet unter den spiralig angeordneten Blättern der Blüthenhülle ein ganz allmählicher Uebergang von calycinischen zu corollinischen Blättern statt. Seitliche Verwachsung der Perigonblätter zu einem röhren- oder glockenförmigen Gebilde ist nicht selten, selbst wenn dieselben in zwei alternirenden Kreisen angeordnet sind; so ist z. B. die sechszipfelige Perigonröhre der Hyacinthe durch Verwachsung von zwei alternirenden, dreigliedrigen Blattkreisen entstanden.

Das Androeceum. — Die Staubblätter sind diejenigen Blüthentheile, welche in ihrer Form und Ausbildung im Allgemeinen am wenigsten ihre Blattnatur verrathen. Man unterscheidet an denselben das Filament und die Anthere. Das **Filament** ist gewöhnlich fadenförmig oder säulenförmig, nur bei wenigen Pflanzen ist dasselbe blattartig verbreitert. Letzteres

ist z. B. bei den meisten Wasserrosen der Fall, wo sich alle Uebergänge zwischen kronblattartigen und fadenförmigen Filamenten finden (Fig. 81 **C**). In den meisten Fällen ist das Filament der Staubfäden einfach, selten tritt Verzweigung ein. Bisweilen geht die Verzweigung der Filamente so früh vor sich, dass das gemeinsame Fussstück der Zweige sich fast gar nicht über die Oberfläche der Blüthenachse erhebt; die Zweige erscheinen dann wie einzelne Staubblätter, welche gruppenweise in der Blüthe zusammengedrängt sind.

Der Theil des Staubblattes, welcher die Anthere trägt, heisst **Connectiv.** Gewöhnlich ist das Connectiv ein schmaler Gewebekörper, an welchem beiderseits eine Antherenhälfte sitzt. In der Anthere sind als wesentlichster Bestandtheil die Pollensäcke eingeschlossen, welche den Blüthenstaub enthalten. Meist sind in jeder Antherenhälfte zwei Pollensäcke vorhanden (Fig. 81). Bei der Reife verschwindet die Zwischenwand zwischen denselben, so dass jede Antherenhälfte ein einziges Fach bildet. Bei einigen Pflanzen sind die Pollensäcke an den vier Kanten des Connectivs, zwei schräg nach innen und zwei schräg nach aussen angeordnet,



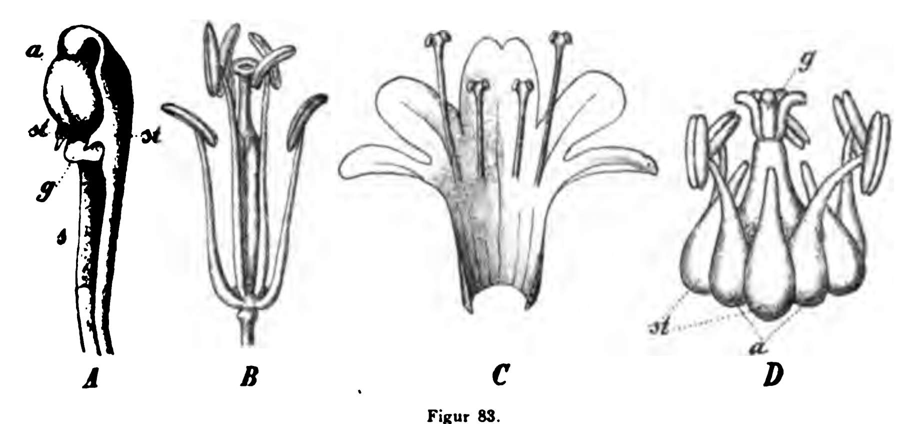
Figur 82.

Schematische Diagramme. **A** diplostemon. **B** obdiplostemon. **C** haplostemon.

wie es Figur 81 **A** zeigt. Oftmals sind dieselben durch das Wachsthum des Connectivs alle nach der Innenseite oder nach der Aussenseite des Staubblattes hin verschoben (Fig. 81 **B**); im ersteren Falle werden die Staubblätter als intrors, im letzteren als extrors bezeichnet. Im Blüthendiagramm lässt sich die Stellung der Pollensäcke an den Staubblättern durch die Form des Antherenzeichens leicht ausdrücken; so sind in dem Diagramm in Figur 76 **A** die Staubblätter extrors, in Figur 76 **B** intrors. Der in den Antherenfächern enthaltene Blüthenstaub besteht aus kugelförmigen, eiförmigen oder eckigen Körperchen, den **Pollenkörnern,** welche bei einzelnen Pflanzen eine glatte Oberfläche besitzen, bei anderen mit Stacheln oder Warzen, oder leistenförmigen Vorsprüngen versehen sind. Gewöhnlich trennen sich die Pollenkörner bei der Reife leicht von einander; selten bleiben dieselben zu vier oder zu mehreren mit einander verbunden; bei einigen Orchideen bleiben alle Pollenkörner eines Antherenfaches mit einander in Verbindung und bilden ein Pollinarium.

In den Blüthen mancher Monocotyledonen und Dicotyledonen sind die Staubblätter in zwei Kreisen angeordnet, welche mit einander alterniren

und ebenso viele Glieder haben, als die Kreise der Blüthenhülle. Die Staubblätter, welche vor den Kelchblättern stehen, werden als Kelchstamina, die vor den Kronblättern stehenden als Kronstamina bezeichnet. Bilden die Kelchstamina den äusseren Kreis, ist also auch zwischen Blüthenhülle und Androeceum regelmässige Alternanz vorhanden, so nennt man die Blüthe hinsichtlich der Ausbildung des Androeceums **diplostemon** (Fig. 82). Sind die Kronstamina die äusseren, so wird die Blüthe als **obdiplostemon** bezeichnet. **Haplostemon** sind Blüthen, bei denen nur ein Kreis von Staubblättern vorhanden ist, der ebenso viele Glieder hat als die Kreise der Blüthenhülle. Häufig sind mehr als zwei Staubblattkreise in den Blüthen vorhanden, oder es treten die Staubblätter in unbestimmter Anzahl in spiraliger Anordnung auf. In anderen Fällen wird die Regelmässigkeit des Blüthenbaues dadurch unterbrochen, dass in den Kreisen des Androeceums andere Zahlenverhältnisse vorhanden sind als in der Blüthenhülle.



Figur 83.

A Gynostemium von Vanilla planifolia. *s* der durch Verwachsung des Androeceums entstandene säulenförmige Theil. *a* Anthere des einzigen fruchtbaren Staubblattes. *st* zwei Staminodien. *g* der obere freie Theil des Gynaeceums. **B** Blüthe einer Crucifere nach Entfernung der Blüthenhülle; das Androeceum besteht aus zwei kürzeren und vier längeren Staubblättern. **C** aufgeschnittene Blumenkrone einer Labiate; die Staubblätter sind eine Strecke weit mit der Blumenkrone verwachsen. **D** Innere Blüthentheile von Erodium cicutarium. *a* Staubblätter. *st* Staminodien. *g* Gynaeceum (vergrössert).

Die Staubblätter stehen entweder einzeln frei auf dem Blüthenboden oder sie sind an ihrer Basis mehr oder minder weit mit einander gruppenweise oder zu einer Röhre verwachsen. In manchen Blüthen entspringen die Staubblätter scheinbar nicht direkt aus der Blüthenachse, sondern sie sind auf die Blätter der Blüthenhülle hinaufgerückt. Die Entwickelungsgeschichte lehrt, dass meist auch in solchen Fällen die Staubblätter im ersten Stadium frei neben den Primordien der Blätter der Blüthenhülle auf der Oberfläche der Blüthenachse hervortreten. Indem aber das Gewebe der Letzteren an der Insertionszone der Staubblätter nachträglich ein intercalares Wachsthum erfährt, wird die Insertion der Staubblätter derart verschoben, dass sie im fertigen Zustande auf den Blüthenblättern zu liegen scheint (Fig. 83 **C**).

Auch Verwachsungen zwischen dem Androeceum und Gynaeceum kommen vor. Besonders charakteristisch treten dieselben in der Familie der Orchideen auf. Dort sind Staubgefäss und Griffel zu einer Säule verschmolzen, welche als Gynostemium bezeichnet wird (Fig. 83 **A**).

Die Grösse der Staubblätter einer Blüthe ist nicht immer die gleiche; in der Familie der Cruciferen sind z. B. vier längere und zwei kürzere Staubblätter vorhanden (Fig. 83 **B**), bei den meisten Labiaten und bei manchen Scrophularineen treffen wir zwei längere und zwei kürzere Staubblätter an (Fig. 83 **C**). Formverschiedenheiten innerhalb desselben Androeceums kommen seltener vor und beruhen meistens darauf, dass einzelne Staubblätter nicht ihre volle Entwickelung erlangen, indem die Anthere fehlschlägt (Fig. 83 **D**). Derartige reduzirte, unfruchtbare Staubblätter werden **Staminodien** genannt. Sie kommen in den verschiedensten Stadien der Reduktion vor und bilden einen allmählich abgestuften Uebergang zu der gänzlichen Unterdrückung einzelner Glieder des Androeceums und endlich zu der Ausbildung rein weiblicher Blüthen, in denen oft kein Rest des Androeceums mehr vorhanden ist.

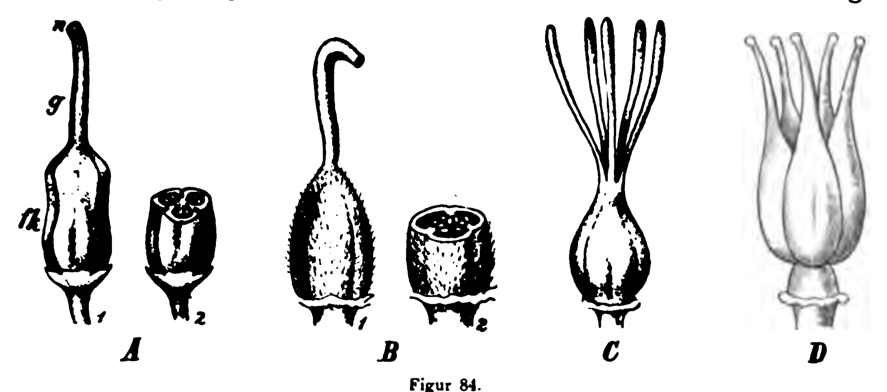
Das Gynaeceum. — Das Gynaeceum schliesst die Blüthe ab; die Fruchtblätter sind normaler Weise die letzten seitlichen Organe, welche von dem Vegetationspunkt der Blüthenachse ausgegliedert werden. Die Zahl der Fruchtblätter, welche zur Bildung des Gynaeceums zusammentreten, wechselt bei den verschiedenen Pflanzengruppen innerhalb weiter Grenzen. Häufig ist das Gynaeceum einfrüchtig, d. h. es ist nur ein einziger Fruchtknoten vorhanden. Derselbe kann monomer sein oder aus mehreren Fruchtblättern bestehen; in letzterem Falle nennt man das Gynaeceum syncarp. Wenn dagegen bei Vorhandensein mehrerer Fruchtblätter in der Blüthe jedes derselben für sich einen einzelnen Fruchtknoten bildet, so heisst das Gynaeceum apocarp. Die einzelnen Fruchtknoten stehen dann entweder in einem Kreise oder wie bei manchen Ranunculaceen in spiraliger Anordnung.

Der Fruchtknoten ist in allen Fällen ein kapselartiges Gehäuse, in dessen Höhlung die Samenanlagen verborgen sind. Am oberen Theil des Fruchtknotens befindet sich die Narbe. Dieselbe stellt eine Einrichtung zum Auffangen und Festhalten der Pollenkörner dar und besteht meistens aus einem mit zarten Wärzchen bedeckten Gewebepolster mit klebriger Oberfläche. Bisweilen ist der obere Theil der Fruchtblätter zu einem säulenförmigen Gebilde, dem Griffel, ausgewachsen, von welchem die Narbe über den Fruchtknoten emporgehoben und in eine für die Aufnahme des Blüthenstaubes günstige Lage gebracht wird. An polymeren Fruchtknoten sind häufig ebensoviel Griffel als Carpelle vorhanden, doch sind auch oft die oberen Theile aller Carpelle zu einem einzigen Griffel verwachsen und Uebergangsstadien mit nur theilweise, mehr oder minder weit verwachsenen Griffeln sind gleichfalls nicht selten (Fig. 84).

Das Innere des Fruchtknotens stellt häufig einen einzigen Hohlraum dar; der Fruchtknoten ist einfächerig. Indem aber die verwachsenen Ränder der Carpelle in den Innenraum vorspringen, wird der Hohlraum gekammert, und wenn die eingeschlagenen Ränder der Carpelle auf ihrer ganzen Länge bis in die Mitte des Hohlraumes vorspringen und dort mit

einander verwachsen sind, so dass der Hohlraum in mehrere völlig getrennte Fächer getheilt wird, so wird der Fruchtknoten mehrfächerig genannt.

Auf den Fruchtblättern stehen im Innern des Fruchtknotens die Samenanlagen. Bisweilen ist nur eine einzige Samenanlage im Fruchtknoten vorhanden; häufig finden sich mehrere, oft ausserordentlich viele. Der Theil der Carpelle, an welchem die Samenanlagen angeheftet sind, wird Placenta genannt. Gewöhnlich bildet der als leistenförmiges Gewebepolster hervortretende Blattrand die Placenta. In den monomeren Fruchtknoten stehen die Samenanlagen meistens an der als Bauchnaht bezeichneten Verwachsungsstelle der Blattränder. Auch in polymeren, einfächerigen Fruchtknoten sind meist die Samenanlagen an der Fruchtknotenwand längs der Verwachsungsnähte angeordnet; man bezeichnet diese Stellung als parietale Placentation. Bisweilen stehen in einfächerigen



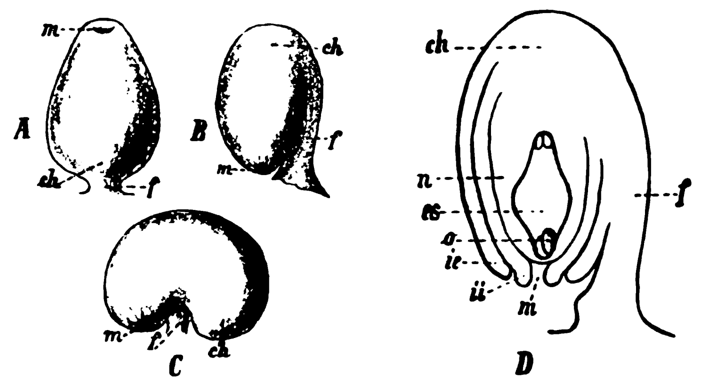
Figur 84.

A 1 syncarpes Gynaeceum von Urginea maritima. *fk* der trimere Fruchtknoten. *g* der Griffel. *n* die Narbe. 2 der querdurchschnittene dreifächerige Fruchtknoten mit centralwinkelständiger Placentation. **B** 1 syncarpes Gynaeceum von Viola odorata mit trimerem Fruchtknoten. 2 der querdurchschnittene einfächerige Fruchtknoten mit parietaler Placentation. **C** syncarpes Gynaeceum von Linum ustitatissimum mit pentamerem Fruchtknoten und fünf freien Griffeln. **D** apocarpes Gynaeceum von Helleborus niger.

Fruchtknoten die Samenanlagen direkt im Grunde der Höhlung oder auf einer zapfenförmig aus dem Grunde der Fruchtknotenhöhlung sich frei erhebenden Centralplacenta, so dass der Eindruck erweckt wird, als seien dieselben direkt auf der Blüthenachse eingefügt. Wie die Entwickelungsgeschichte lehrt, handelt es sich indess in diesen Fällen nur um eine theilweise Verwachsung des Gewebes der Fruchtblätter mit der Blüthenachse. Die Stellung des Samenanlagen wird in diesen Fällen als centrale Placentation bezeichnet. In den mehrfächerigen Fruchtknoten, in welchen die Ränder der Carpelle bis in die Mitte des Fruchtknotens eingeschlagen und mit einander verwachsen sind, stehen die Samenanlagen auf den randständigen Placenten der Achse des Fruchtknotens genähert; man hat diese Stellung als axile oder centralwinkelständige Placentation bezeichnet. Nur bei wenigen Pflanzen stehen die Samenanlagen statt an den Rändern der Fruchtblätter über die ganze innere Fläche derselben vertheilt.

Der wichtigste Theil der Samenanlage ist der Nucellus mit dem Embryosack. Der Nucellus stellt einen rundlichen Gewebekörper dar; derselbe wird gewöhnlich von zwei enganliegenden Hüllen, den Integumenten umgeben — seltener ist nur ein Integument vorhanden —, welche nur eine kleine Zugangsöffnung zu dem Nucellus, die Mikropyle, frei lassen. Das der Mikropyle gegenüberliegende Ende des Nucellus wird Chalaza genannt.

Die Samenanlage wird durch einen kurzen, als Nabelstrang oder Funiculus bezeichneten Stiel an der Fruchtknotenwand befestigt (Fig. 85). Man unterscheidet drei verschiedene Formen der Samenanlage, zwischen denen es nicht an Uebergängen fehlt: Die gerade oder orthotrope Samenanlage ist am Chalazaende gestielt, die Mikropyle ist von der Anheftungsstelle abgewendet; die umgewendete oder anatrope Samenanlage ist seitlich am Funiculus angewachsen und so gerichtet, dass die Mikropyle



Figur 85.

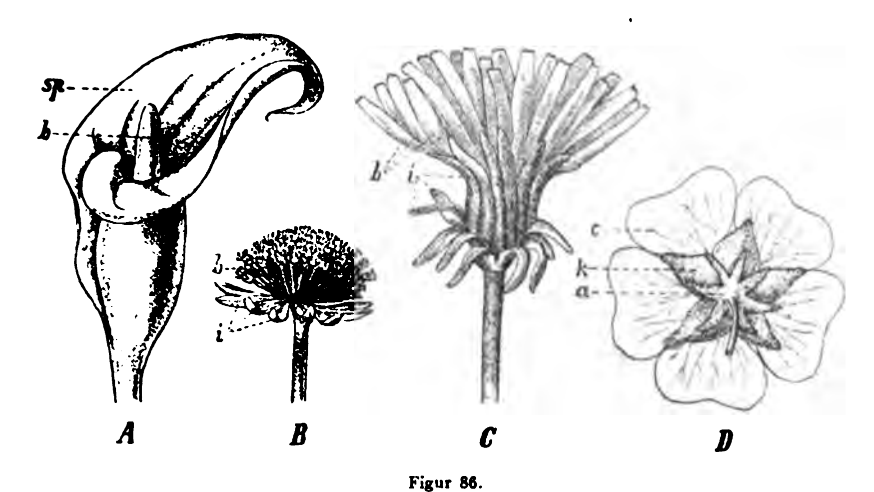
A orthotrope Samenanlage. **B** anatrope Samenanlage. **C** campylotrope Samenanlage (stark vergrössert). **D** schematischer Längsschnitt einer Samenanlage. *f* Funiculus. *ch* Chalaza. *m* Mikropyle. *ie* äusseres, *ii* inneres Integument. *n* Nucellus. *es* Embryosack. *o* Eizelle.

nach der Insertionsstelle des Stieles gewendet ist; die gekrümmte oder campylotrope Samenanlage ist gebogen und schief am Stiel befestigt, so dass der eigentliche Körper der Samenanlage quer oder schräg zur Richtung des Funiculus liegt. Bezüglich ihrer Lage in dem Fruchtknotenfach werden die Samenanlagen als hängend oder aufrecht bezeichnet, je nachdem sich ihr Körper unter oder über der Anheftungsstelle befindet. Die verschiedenen Formen und Stellungen der Samenanlagen werden in der beschreibenden Botanik häufig mit zur Charakteristik von Pflanzengruppen verwendet.

Die Hochblätter. — Die Deckblätter und die Vorblätter unterscheiden sich meistens durch ihre geringere Grösse von den Laubblättern, in manchen Fällen sind sie zu kleinen Schüppchen reducirt, oft fehlen sie gänzlich. Bisweilen sind die Hochblätter laubblattartig, bisweilen aber ist ihre Form, Farbe und anatomische Beschaffenheit wesentlich verändert. So sind z. B. bei einigen einheimischen Arten des Wachtelweizens,

Melampyrum nemorosum, arvense und cristatum, ferner bei Ajuga pyramidalis, Salvia Sclarea u. a. m., die Deckblätter schön blau oder roth gefärbt und verleihen dem Blüthenstand ein auffälliges Ansehen, wodurch die honigsammelnden Insekten aufmerksam gemacht und zum Besuch der Blüthen angelockt werden. Auch die Spatha, das weisse Blatt unterhalb des Blüthenstandes der als Zierpflanze bekannten Richardia aethiopica, ist ein solches blumenblattartig ausgebildetes Hochblatt (Fig. 86 **A**).

Bei den Monocotyledonen ist meistens nur ein einziges Vorblatt vorhanden, welches median nach hinten gestellt (adossirt) ist; bei den Dicotyledonen werden dagegen häufig zwei seitlich gestellte Vorblätter angetroffen. Die Hochblätter sind meist durch ein Internodium der Blüthenachse von der Blüthenhülle getrennt; nur bei wenigen Pflanzen



Figur 86.

A Blüthenspross von Richardia aethiopica (1/3). *sp* die Spatha. *b* der die einzelnen Blüthen tragende Kolben (Spadix). **B** Blüthendolde von Astrantia major. *b* Einzelblüthen. *i* das Involucrum. **C** Blüthenköpfchen von Taraxacum officinale. *b* Einzelblüthen. *i* das Involucrum. **D** Blüthe von Althaea rosea von unten gesehen. *a* Aussenkelch. *k* Kelch. *c* Krone.

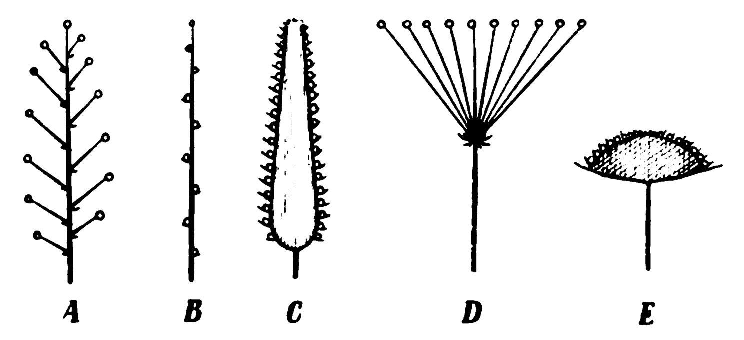
sind dieselben so nahe an die Blüthe herangerückt, dass sie fast als Theile der Blüthenhülle erscheinen. Das ist z. B. der Fall bei den drei grünen Hochblättern des Leberblümchens, Hepatica triloba; bei den Malvaceen treten die Hochblätter unterhalb des eigentlichen Kelches zu einer verwachsenblättrigen Hülle zusammen, welche als Aussenkelch bezeichnet wird (Fig. 86 **D**). Bei dem Haselstrauch u. a. m. bilden die Hochblätter schützende Hüllen für die einfach gebauten weiblichen Blüthen; nach dem Verblühen derselben betheiligen sie sich an der Fruchtbildung; sie bilden eine becherartige oder schlauchartige Fruchthülle, welche die Früchte mehr oder minder weit umschliesst.

Bei den Compositen sind die Blüthen in grösserer Anzahl zu köpfchenförmigen Blüthenständen vereinigt; unterhalb jedes Köpfchens ist eine vielblättrige Schutzhülle, das Involucrum, vorhanden; dieselbe

wird ebenfalls aus Hochblättern gebildet (Fig. 86 **C**). Ebenso findet sich bei den Blüthendolden vieler Umbelliferen ein Involucrum, eine Hülle aus Hochblättern, an der Ursprungsstelle der Doldenstrahlen (Fig. 86 **B**).

3. Blüthenstände.

Die Blüthen nehmen, wie schon oben kurz angedeutet wurde, nur selten den Gipfel des Hauptsprosses ein, meist sind sie Seitensprosse. Bei einigen Pflanzen stehen die Blüthen einzeln, bei vielen anderen aber sind mehr oder minder complicirte Verzweigungssysteme vorhanden, welche nur Blüthen tragen und deshalb von dem vegetativen Theil der Pflanze sich auffällig unterscheiden. Sie werden Blüthenstände oder Inflorescenzen genannt. Im Allgemeinen ist die Sprossverkettung in den Blüthenständen dieselbe, wie in der vegetativen Region; wir haben also racemöse und cymöse Blüthenstände zu unterscheiden und finden unter den letzteren Pleiochasium, Dichasium, Wickel und Fächel, Schraubel und Sichel vertreten. Durch verschiedenartige Ausbildung der Haupt-



Figur 87.
Schemata einfacher racemöser Blüthenstände; die Einzelblüthen sind durch kleine Kreise angedeutet. **A** Traube. **B** Aehre. **C** Kolben (Längsschnitt, der angeschwollene Theil der Blüthenstandsachse ist schraffirt). **D** Dolde. **E** Köpfchen (Längsschnitt, der verbreiterte Theil der Achse ist schraffirt).

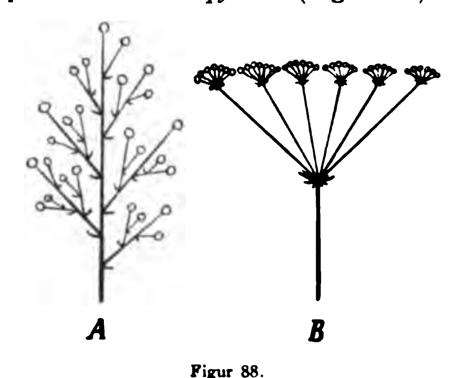
achse und der Seitenachsen bekommen manche racemöse Inflorescenzen ein besonderes typisches Aussehen und sind deshalb mit besonderen Namen bezeichnet. Die wichtigsten derselben sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt und durch die Schemata in Figur 87 erläutert:

I. Die Hauptachse der Inflorescenz ist verlängert.
   1. Die seitlichen Blüthen sind mehr oder weniger lang gestielt: die *Traube* (Fig. 87 **A**).
   2. Die seitlichen Blüthen sind ungestielt:
      a) die Hauptachse (Spindel) ist nicht fleischig: die *Aehre* (Fig. 87 **B**);
      b) die Spindel ist fleischig verdickt: der *Kolben* (Fig. 87 **C**).

II. Die Hauptachse der Inflorescenz ist stark verkürzt.

1. Die deutlich gestielten Blüthen entspringen scheinbar am Ende der Hauptachse aus einem Punkt: die *Dolde* (Fig. 87 **D**).
2. Die ungestielten Blüthen entspringen dichtgedrängt auf der Oberfläche der verbreiterten Hauptachse: das *Köpfchen* (Fig. 87 **E**).

Wenn sich die an der Hauptachse der Inflorescenz entspringenden Seitenachsen noch weiter verzweigen, so entstehen zusammengesetzte Inflorescenzen. Häufiger kommen vor: die zusammengesetzte **Traube** oder **Rispe,** bei welcher die Aeste einer einfachen Traube wieder racemös verzweigt sind (Fig. 88 **A**) und die zusammengesetzte **Dolde,** eine Dolde, deren Strahlen statt mit einer einzelnen Blüthe, mit einem Döldchen abschliessen (Fig. 88 **B**).



Figur 88.
A Schema der Rispe.
B Schema der zusammengesetzten Dolde.

4. Frucht und Samen.

Die Frucht. — Nach der Befruchtung der im Embryosack der Samenanlagen enthaltenen Eizelle durch den Pollen gehen die äusseren Blüthentheile, die Blüthenhülle und die Staubblätter, in der Regel durch Verwelken zu Grunde. Auch die Griffel und Narben vertrocknen meistens bald, der Fruchtknoten aber entwickelt sich zur Frucht. Man unterscheidet an der Frucht die **Fruchtwand (Pericarp),** welche die durch Wachsthum veränderte Fruchtknotenwand darstellt, und die **Samen,** welche aus den befruchteten Samenanlagen der Blüthe hervorgegangen sind. Je nach der Ausbildung des Pericarps werden die Früchte als Trockenfrüchte oder als saftige Früchte bezeichnet.

An dem Pericarp lassen sich gewöhnlich drei Gewebeschichten unterscheiden: eine äussere, das Exocarp; eine mittlere, das Mesocarp, und eine innere, das Endocarp. Bleibt die Frucht auch bei der Reife der Samen geschlossen, so bezeichnet man dieselbe als Schliessfrucht im Gegensatz zu den Springfrüchten, die sich bei der Reife öffnen, um die Samen zu entlassen.

In Folgendem sind die häufigsten Fruchtformen zusammengestellt.

I. Trockenfrüchte.

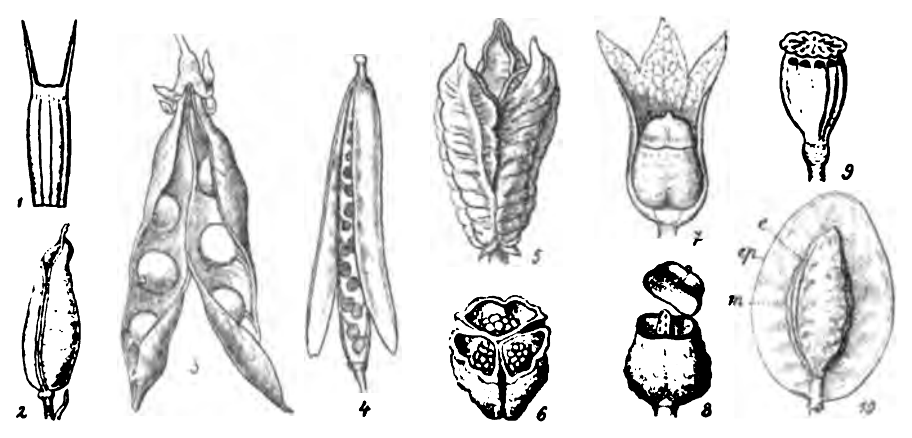
A. Schliessfrüchte.

1. Pericarp holz- oder lederartig hart: die *Nuss*.
   Beispiel: Die Haselnuss.
2. Pericarp hautartig, nicht von der Samenschale getrennt: die *Karyopse*.
   Beispiel: Die Getreidekörner.

3. Pericarp der aus einem unterständigen Fruchtknoten hervorgegangenen Frucht lederartig, nicht völlig mit dem Samen verwachsen: die *Achäne*. Beispiel: Die Früchte der Compositen (Fig. 89, 1).

B Springfrüchte.

1. der Fruchtknoten ist aus einem Fruchtblatt gebildet:
   a) die Fruchtwand springt bei der Reife längs der Verwachsungsnaht auf: die *Balgfrucht*. Beispiel: Die Frucht des Rittersporn (Fig. 89, 2).
   b) die Fruchtknotenwand trennt sich bei der Reife der Länge nach in zwei Klappen, welche den Längshälften des Carpells entsprechen: die *Hülse*. Beispiel: Die Frucht der Erbse (Fig. 89, 3).



Figur 89.

Verschiedene Fruchtformen (meist nach Bischoff).
1 Achäne des Zweizahn. 2 Balgfrucht des Rittersporn. 3 aufgesprungene Hülse der Erbse. 4 aufgesprungene Schote des Goldlack. 5 aufgesprungene Kapsel der Herbstzeitlose. 6 dieselbe quer durchschnitten, um zu zeigen, dass die Kapsel septicid aufspringt. 7 Deckelkapsel des Bilsenkrautes. 8 dieselbe nach dem Aufspringen. 9 Porenkapsel des Mohn. 10 Steinfrucht des Zwetschenbaumes: das hautartige Epicarp *ep* und das fleischige Mesocarp *m* sind in der vorderen Hälfte fortgeschnitten, so dass das harte Endocarp *e*, welches den Samen einschliesst, sichtbar ist.

2. Der Fruchtknoten besteht aus zwei Fruchtblättern, zwischen denen eine falsche Scheidewand vorhanden ist. Bei der Reife lösen sich die beiden Längshälften des Pericarps von der stehenbleibenden Scheidewand ab: die *Schote*.
   Beispiel: Die Frucht des Goldlack (Cheiranthus Cheiri) (Fig. 89, 4).
3. Der Fruchtknoten wird von mehreren Fruchtblättern gebildet:
   a) die Oeffnung erfolgt durch Längsrisse, entweder längs der Verwachsungsnähte (septicid) oder in der Mitte zwischen denselben (loculicid): die *Kapsel*. Beispiel: Die Frucht der Herbstzeitlose (Fig. 89 5 u. 6).
   b) die Oeffnung erfolgt quer durch Ablösung eines Deckels: die *Deckelkapsel* (Pyxidium). Beispiel: Die Frucht von Hyoscyamus (Fig. 89 7 u. 8).
   c) die Oeffnung erfolgt dadurch, dass einzelne scharf umschriebene Löcher in der Fruchtwand entstehen: die *Porenkapsel*.
   Beispiel: Die Frucht des Mohn (Fig. 89, 9).

II. Saftige Früchte.

1. Unter dem hautartigen Epicarp liegt das fleischig saftige Mesocarp. Das Endocarp ist holzartig hart; gewöhnlich ist nur ein einziger weicher Same vorhanden: die *Steinfrucht.*
   Beispiel: Die Zwetsche (Fig. 89,10).
2. Das Epicarp bildet eine zähe Haut. Das Meso- und Endocarp bilden einen weichen Brei (Pulpa), in welcher die harten Samen meist zu mehreren eingebettet sind: die *Beere.*
   Beispiel: Die Stachelbeere.

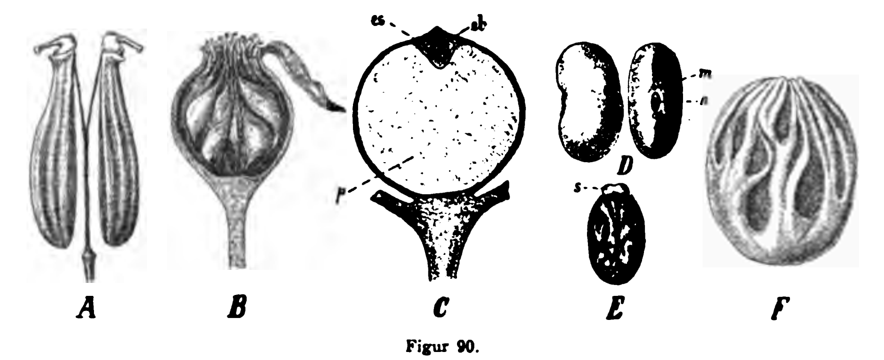
Bei einigen Pflanzen gehen aus dem einzelnen Fruchtknoten durch spätere Zerspaltung mehrere samenhaltige Theile hervor, deren jeder scheinbar eine ganze Frucht bildet. Man bezeichnet in diesem Falle das ganze Gebilde als **Spaltfrucht** und die einzelnen Theile desselben als Theilfrucht oder **Mericarpium.** Für die Letztere werden dann die in der Tabelle angegebenen Bezeichnungen verwendet. Ein Beispiel für die Spaltfrucht bieten die Umbelliferen dar, bei denen der unterständige Fruchtknoten, an dessen Ausbildung zwei Carpelle Theil nehmen, später in zwei Mericarpien sich spaltet, deren jedes eine Achäne darstellt. Man bezeichnet diese Spaltfrüchte deshalb auch wohl als **Doppelachänium** (Fig. 90**A**).

Wenn in einer Blüthe mehrere Fruchtknoten vorhanden waren, so gehen aus derselben auch mehrere Früchte hervor; das ganze Gebilde wird als **Syncarpium** bezeichnet. Die Himbeere ist ein solches Syncarpium aus einzelnen Steinfrüchten. Bisweilen nimmt ausser den Fruchtknoten auch noch die Blüthenachse an der Ausbildung eines Syncarpiums Theil; es entstehen dann sogenannte **Scheinfrüchte.** Ein Beispiel bietet die Erdbeere. Der essbare Theil derselben wird von der fleischig angeschwollenen Blüthenachse gebildet, auf deren Oberfläche die kleinen, harten, nussartigen Einzelfrüchtchen sitzen. Auch die Hagebutte der Rosen ist eine Scheinfrucht. Der rothe oder gelbe, urnenförmig ausgehöhlte Theil der Blüthenachse bildet eine fleischige Hülle um die aus den Fruchtknoten hervorgegangenen Einzelfrüchte (Fig. 90**B**).

Man darf die Syncarpien, welche aus dem Gynaeceum einer einzigen Blüthe hervorgegangen sind, nicht mit den ebenfalls als Scheinfrüchte bezeichneten Fruchtständen verwechseln, an deren Bildung die Gynaeceen mehrerer Blüthen und nebenbei oft noch Theile der Blüthenstandsachse betheiligt sind. Als typisches Beispiel derartiger Fruchtstände können die Maulbeere und die Ananas angeführt werden, bei denen viele Blüthen zu einer Aehre vereinigt sind; die Früchte der einzelnen Blüthen treten heranwachsend mit einander in Berührung und bilden zusammen die bekannten Scheinfrüchte. Auch die Feige ist eine Scheinfrucht, bei welcher der birnförmige, ausgehöhlte, fleischige Theil der Hauptachse des Blüthenstandes eine grosse Anzahl von Einzelfrüchten umschliesst.

Der Same. -- Aus der Samenanlage geht nach der Befruchtung der Same hervor. An dem reifen Samen unterscheidet man als wesentliche Theile: den **Embryo,** welcher aus der befruchteten Eizelle entstanden ist; das **Endosperm,** ein nährstoffreiches Gewebe, welches sich aus dem Embryosack entwickelt hat, und die **Samenschale** (Testa), welche von

dem ausserhalb des Embryosackes gelegenen Nucellusgewebe und von den Integumenten gebildet wird. Das Endosperm ist oft im reifen Samen nicht mehr vorhanden. Bisweilen bildet sich statt desselben oder neben demselben ein Theil des ausserhalb des Embryosackes gelegenen Nucellargewebes zu einem Nährgewebe aus, welches als **Perisperm** bezeichnet wird (Fig. 90 **C**). Aeusserlich ist an dem aus der Frucht entlassenen Samen leicht die Stelle zu erkennen, wo sich der Nabelstrang abgelöst hat; sie wird **Nabel** oder **Hilus** genannt. Auch die nunmehr als **Samenmund** bezeichnete Mikropyle tritt meist noch deutlich hervor (Fig. 90 **D**). Durch nachträgliches Wachsthum des Nabelstranges oder der ihm benachbarten Gewebepartien der Samenanlage entstehen an manchen Samen charakteristische Anhangsgebilde, die als **Samenschwiele** (Carunkel), oder wenn sie einen grösseren Theil des Samens mantelförmig umhüllen, als **Samenmantel** (Arillus) bezeichnet werden (Fig. 90 **E** u. **F**).



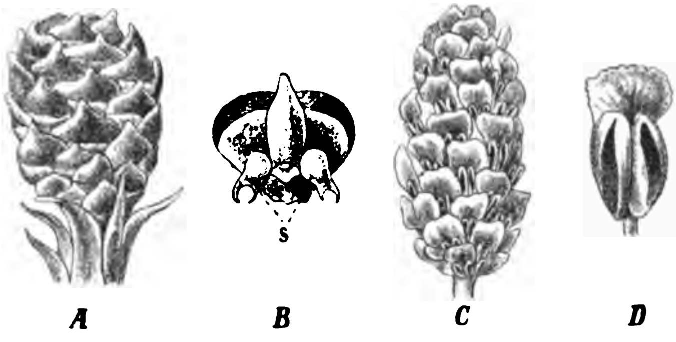
Figur 90.

A Doppelachänium von Carum Carvi ($^{6}/_{1}$). **B** Längsschnitt der Hagebutte. **C** Längsschnitt des Samens von Piper Cubeba. *eb* Embryo, *es* Endosperm, *p* Perisperm. **D** Samen der Bohne von der Seite und von vorne. *m* Samenmund, *n* Nabel. **E** Same von Ricinus communis. *s* Samenschwiele (Caruncula). **F** Same von Myristica, welcher von einem zerschlitzten Samenmantel (Arillus) umhüllt ist.

Verbreitungsausrüstung. — An den Früchten und Samen der Pflanzen finden sich oft Einrichtungen, welche die Ausstreuung oder Verbreitung der reifen Samen bewirken. Manche Springfrüchte schleudern beim Aufspringen die Samen mehrere Meter weit fort. Der Transport der Samen über weitere Strecken wird durch gewisse Verbreitungsagentien, durch Wind, Wasser oder Thiere vermittelt. Als besondere Ausrüstung zur Verbreitung durch den Wind besitzen manche Früchte und Samen hautartige Flügel, Haarschöpfe oder Federkronen. Zur Verbreitung durch das Wasser sind die Früchte oder Samen mancher Uferpflanzen durch besondere Schwimmvorrichtungen befähigt. Die Verbreitung durch Thiere geschieht entweder dadurch, dass die Früchte oder Samen sich vermittelst hakenförmiger Anhängsel an dem Haar- oder Federkleid der Thiere festhängen, oder es sind an der Umhüllung des Samens geniessbare Theile vorhanden, um deren Willen die Thiere die Samen aufsuchen und fortschleppen. Im letzteren Falle müssen natürlich die Samen selber ungeniessbar oder durch eine harte Hülle gegen die Einwirkung der Ver-

dauung geschützt sein. Die geniessbare Umhüllung des Samens, die Fruchtwand oder eventuell der Arillus, besitzt meist eine auffällige Färbung und erregt dadurch die Aufmerksamkeit der die Verbreitung vermittelnden Thiere.

Die biologische Bedeutung der Verbreitungsausrüstungen an Früchten und Samen ist leicht verständlich. Wenn alle Samen einer Pflanze neben dem Stamm der Mutterpflanze zur Keimung gelangten, so würden die Keimpflanzen sehr ungünstige Entwickelungsbedingungen finden. Einmal sind dem Boden an jener Stelle durch das Wachsthum der Mutterpflanze schon Nährstoffe entzogen worden; sodann müssten die vielen neben einander aufgehenden Geschwisterpflanzen, welche sich anfänglich gleichmässig entwickeln würden, sich später den Raum, das Licht und die Nährstoffe des Bodens streitig machen. Alle würden gleichmässig unter diesem Kampf um's Dasein zu leiden haben; nur selten würde eine zur normalen, kräftigen Entwickelung gelangen. Ein weiterer Nachtheil würde



Figur 91.

A weibliche Blüthe von Pinus silvestris. **B** ein einzelnes Fruchtblatt derselben mit zwei Samenanlagen *s*. **C** männliche Blüthe von Picea excelsa. **D** ein einzelnes Staubblatt derselben mit zwei aufgesprungenen Pollensäcken (nach Beissner).

endlich darin bestehen, dass bei den gedrängt neben einander wachsenden Geschwisterpflanzen die Befruchtung der Samenanlagen stets durch den Pollen eines nahe verwandten Individuums erfolgen müsste, wodurch im Laufe der Entwickelung eine Degeneration, eine Schwächung der Existenzfähigkeit der Art zu Stande kommen kann.

5. Die Blüthe der Gymnospermen.

Zu den gymnospermen Samenpflanzen gehören die Cycadeen, die Coniferen und die kleine Gruppe der Gnetaceen. Der wesentlichste Unterschied ihrer Blüthen von den angiospermen Blüthen liegt darin, dass die Samenanlagen bei ihnen nicht in einen Fruchtknoten eingeschlossen sind, sondern frei an der Oberfläche der Sporophylle stehen. Aber auch im Uebrigen sind die Blüthen der Gymnospermen sehr abweichend gebaut. Nur bei den Cycadeen nimmt die Blüthe den Gipfel des Hauptsprosses

ein; meist sind es Seitensprosse höherer Ordnung, die sich zu Blüthen ausbilden. Die Blüthen sind eingeschlechtig; männliche und weibliche Blüthen sind bei vielen Arten auf derselben Pflanze vorhanden, bei anderen sind sie auf verschiedene Pflanzen vertheilt. Die Blüthenachse ist meist verlängert und trägt die Sporophylle oft in grosser Zahl in spiraliger Anordnung oder in alternirenden Quirlen, so dass die gesammte Blüthe ein zapfenartiges Ansehen gewinnt (Fig. 91). Eine Blüthenhülle ist bei den Cycadeen und Coniferen nicht vorhanden. Die Gnetaceen dagegen besitzen eine Art Perigon aus zarteren Blättern.

Die Sporophylle der männlichen Blüthen, die Staubblätter, sind gewöhnlich schuppenförmig oder schildförmig und tragen auf der Unterseite meist zahlreiche Pollensäcke (Fig. 92 **B**). Die Sporophylle der weiblichen Blüthen, die Fruchtblätter, sind bei Cycas den Laubblättern sehr ähnlich (Fig. 92 **A**); bei den meisten übrigen Gymnospermen sind sie schuppenartig und tragen auf ihrer Oberseite bisweilen an eigenthümlicher Placenta eine oder mehrere Samenanlagen (Fig. 91 **B**). Die Fruchtblätter sind stets unter sich frei; nach der Befruchtung wachsen dieselben bei vielen Arten mächtig heran und schliessen, indem sie dicht aneinander rücken, den reifenden Samen ein. Die Samenanlagen sind fast immer gerade und besitzen meist nur ein einziges Integument. In dem Embryosack, welcher früh mit Nährgewebe, Endosperm, erfüllt wird, sind an dem der Mikropyle zugekehrten Ende Eizellen in mehr oder minder grosser Anzahl vorhanden. Im reifen, endospermreichen Samen liegt ein in Stamm, Blätter und Wurzel gegliederter, gerader Embryo.



Figur 92 B.
Staubblatt von einer Macrozamia. Auf der Unterseite stehen zahlreiche Pollensäcke.

Figur 92 A.
Fruchtblatt von Cycas circinalis mit vier Samenanlagen *s*.

B. Anatomie.

Erstes Kapitel. Die Zellenlehre.

1. Der Begriff der Zelle.

Die Energide, das organische Grundelement des Pflanzenkörpers. — Die Grundsubstanz des lebenden Pflanzenkörpers und zugleich der Träger des pflanzlichen Lebens ist das Protoplasma. Im Wesentlichen haben wir uns dasselbe als eine feinkörnige, schleimigflüssige Masse vorzustellen, in welcher einzelne, bestimmt geformte Gebilde, die Zellkerne mit den Centralkörperchen und die Chromatophoren, vertheilt sind. Die Zellkerne stellen in gewissem Sinne die Centralstelle für die Lebensverrichtungen in dem sie zunächst umgebenden, flüssigen Protoplasma dar; sie bilden mit dem Letzteren ein einheitliches Ganzes, eine mit gewissen Kräften ausgestattete Lebenseinheit im Organismus, welche von Sachs treffend als **Energide** bezeichnet worden ist. Als organisches Grundelement des Pflanzenleibes haben wir also die Energide anzusehen, d. h. einen Zellkern mit der von ihm beeinflussten Portion flüssigen Protoplasmas.

Die Zahl der Energiden, welche den Pflanzenkörper zusammensetzen, ist ausserordentlich wechselnd. Während manche Organismen aus einer einzigen Energide gebildet werden, finden wir bei höheren Pflanzen im Zustande grösster Entfaltung viele Tausende oder Millionen von Energiden im einzelnen Individuum vor.

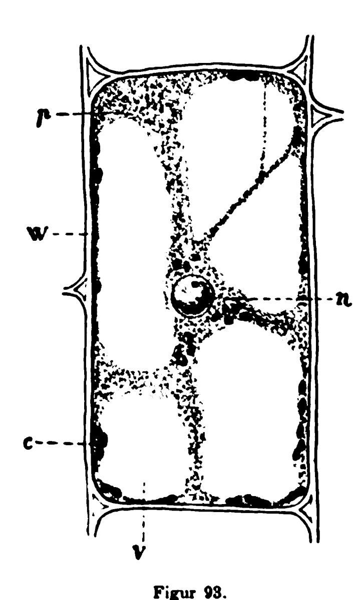
Die Zelle, das formale Grundelement des Pflanzenkörpers. — In der Regel sind die einzelnen Energiden oder je mehrere derselben zusammen in eine feste Hülle eingeschlossen, so dass also der ganze Pflanzenkörper aus vielen kleinen Kammern zusammengesetzt erscheint, die je eine oder mehrere Energiden beherbergen. Diese Kammern mitsammt ihrem Inhalt werden als **Zellen** bezeichnet; die feste Wand derselben heisst die Zellwand.

Nur in seltenen Fällen, bei einigen niederen Pflanzen ist der Protoplasmaleib völlig nackt; man nennt derartige Gewächse nichtcelluläre Pflanzen im Gegensatz zu den aus Zellen gebauten, cellulären Pflanzen.

Da bei den Letzteren die einzelnen Energiden durch die Zellwände hindurch mit einander in Verbindung stehen, so ist ein wesentlicher Unterschied zwischen den cellulären und den nichtcellulären Pflanzen nicht vorhanden

Indem wir die nichtcellulären Pflanzen als Ausnahmen von der Regel gesondert betrachten, können wir im Allgemeinen die Zelle als das formale, morphologische Grundelement des Pflanzenkörpers bezeichnen.

Die Bestandtheile der Zelle. — An der Zelle können wir nach dem Vorstehenden den **Zellinhalt** und die **Zellwand** unterscheiden. Wichtigster Inhaltsbestandtheil ist das **Protoplasma,** in dem als scharfumgrenzte Gebilde **Zellkern** und **Chromatophoren** hervortreten. Als Ausscheidungsprodukt der Letzteren ist die in vielen Zellen sich findende **Stärke** anzusehen. In jugendlichen Zellen füllt das Protoplasma den ganzen, von der Zellwand umschlossenen Hohlraum aus; später treten in demselben mit wässerigem Zellsaft gefüllte Blasen auf, welche als **Vakuolen** bezeichnet werden. Die in der Vakuolenflüssigkeit gelösten Substanzen sind zum Theil Excrete, d. h. Stoffe, welche bei dem Stoffwechsel der Pflanze abgeschieden wurden und nicht mehr zur Verwendung kommen. Zum Theil aber enthalten die Vakuolen Nährstoffe, welche nur zeitweilig in der Zelle abgelagert wurden, um später beim Ausbau des Pflanzenkörpers Verwendung zu finden. Als ein Umwandlungsprodukt gewisser Vakuolen sind die **Aleuron-Körner** anzusehen, welche sich als Reservestoff bei vielen Pflanzen in bestimmten Zellen vorfinden. Ausser den genannten Zellinhaltskörpern kommen noch häufig in den Pflanzenzellen krystallinische Ablagerungen vor.



Figur 93.
Zelle aus dem Stamm einer Wasserpflanze. *w* Zellwand, *p* Protoplasma, *n* Zellkern, *c* Chromatophoren, *v* Vakuole.

2. Der Zellinhalt.

Das Protoplasma. — Das Protoplasma der Pflanzen, kurz auch Plasma genannt, besteht wie dasjenige des Thierleibes zum grössten Theil aus Eiweissstoffen und Wasser. Ueber den äusserst complicirten, molecularen Bau des lebenden Protoplasmas ist zur Zeit sehr wenig Sicheres bekannt; ebenso herrschen bezüglich der organischen Struktur der Substanz und ihrer einzelnen Theile viele Zweifel. Man kann in der zähflüssigen Plasmamasse einen körnchenreichen, inneren Theil, das **Körnchenplasma,** und eine wasserhelle Schicht, das **Wandplasma,** unterscheiden, welch Letzteres den Protoplasmakörper sowohl gegen die Zellwände hin als auch

gegen die Vakuolen abgrenzt. Schon dieser Umstand lässt erkennen, dass das lebende Protoplasma nicht einfach als eine schleimigflüssige Lösung der in ihm enthaltenen chemischen Substanzen angesehen werden darf, sondern dass demselben eine hochorganisirte Molecularstruktur eigenthümlich ist.

Da das Protoplasma der Träger aller Lebenserscheinungen ist, so müssen sich in demselben fortgesetzt complicirte chemische und physikalische Vorgänge abspielen, die sich grösstentheils der direkten Beobachtung entziehen.

Unter den direkt sichtbaren Lebensäusserungen der Substanz ist die als **Protoplasmaströmung** bezeichnete Bewegungserscheinung am auffälligsten. An günstigen Objekten, wie sie die Zellen mancher Wasserpflanzen darbieten, lässt sich eine Verschiebung der einzelnen Plasmatheile gegeneinander und eine Aenderung ihrer Lage zur Zellwand direkt beobachten. Man unterscheidet bei der Protoplasmaströmung im Zellinnern verschiedene Bewegungsformen. Wenn das der Zellwand angelagerte Protoplasma in einer Richtung den von einer grossen Vakuole eingenommenen Innenraum der Zelle umströmt, so wird die Bewegung als **Rotation** bezeichnet. Häufig erfolgt die Strömung in dem der Zellwand angelagerten Protoplasma sowohl als in Plasmasträngen, welche das Zellinnere durchziehen in allen möglichen, oft in direkt entgegengesetzten Richtungen. Man nennt diese Form der Bewegung **Circulation.** Die Springbrunnenbewegung, bei welcher das Protoplasma in einem die Zelle der Länge nach durchziehender Strang aufwärts steigt, um längs der Wände zurückzufliessen, und die Glitschbewegung, bei welcher ein einfaches Vor- und Rückwärtsgleiten der Theilchen im wandständigen Protoplasma stattfindet, sind seltener vorkommende Formen der Protoplasmaströmung.

Bei den nackten Plasmakörpern der nichtcellulären Pflanzen kommt neben der Protoplasmaströmung eine Ortsbewegung des ganzen Organismus zu Stande, welche als amöboide Plasmabewegung gekennzeichnet wird.

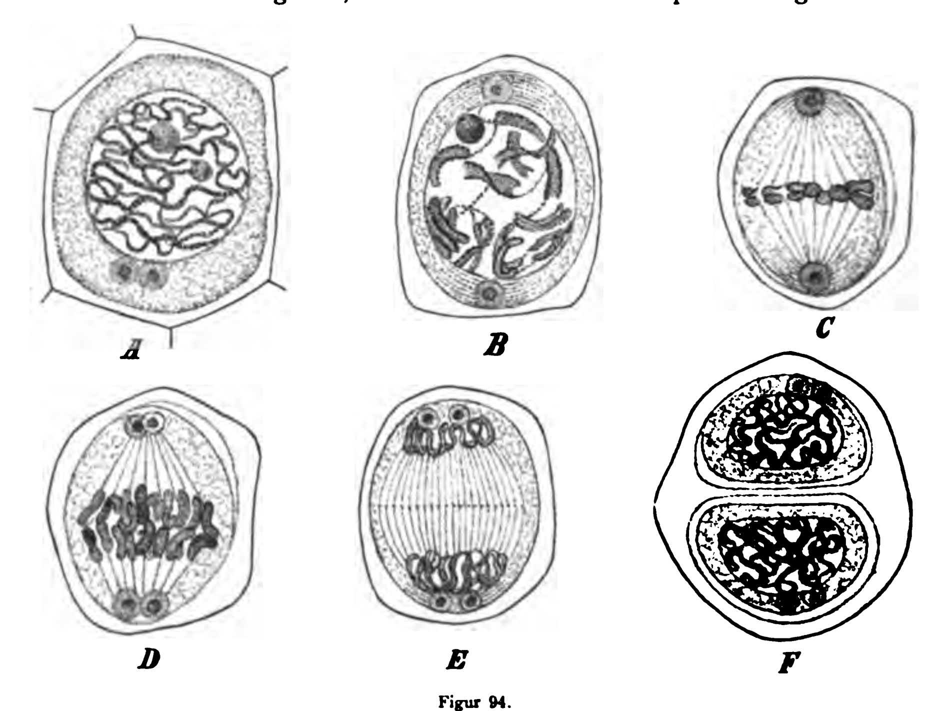
Eine sehr auffällige Eigenschaft des lebenden Protoplasmas ist die **Reizbarkeit,** d. h. die Fähigkeit auf äussere Einwirkungen in besonderer Weise durch innere Veränderungen zu reagiren, welche nicht direkt als eine physikalische oder chemische Fortwirkung des äusseren Anreizes angesehen werden können. Die eingehendere Betrachtung der Reizbarkeit gehört in die Physiologie. In demselben Abschnitt werden auch die auffälligen **osmotischen Eigenschaften** des lebenden Protoplasmas zu erörtern sein.

Der Zellkern. — Der Zellkern ist ein bestimmt geformtes Protoplasmagebilde, welches durch eine derbere Hautschicht, die **Kernmembran,** gegen das umgebende flüssige Protoplasma abgegrenzt ist. Im Innern des Kerns befindet sich in einer dem Protoplasma ähnlichen Grundsubstanz ein Gerüstwerk aus gegliederten Strängen, welches kurz **Kerngerüst** genannt wird, und ein oder mehrere stark lichtbrechende Körnchen, die man als **Kernkörperchen** oder Nukleolen bezeichnet. Die Fäden des Kerngerüstes enthalten zahlreiche Körnchen von einer den Eiweissstoffen nahestehenden Verbindung, welche Nuclein genannt wird. Sie haben im todten Zustande die Eigenschaft, gewisse Farbstoffe begierig aufzunehmen

und zu speichern, weshalb man sie als die chromatischen Elemente des Kerns bezeichnet.

Die Zellkerne vermehren sich durch Theilung; eine Neubildung von Zellkernen aus dem Protoplasma findet nicht statt, so dass also alle Kerne einer Pflanze aus dem einen Kern hervorgegangen sind, welcher nach der Befruchtung in der Eizelle vorhanden war.

Bei der Kerntheilung (Fig. 94) sind zwei in der unmittelbaren Nachbarschaft des Kernes liegende, wahrscheinlich dem Protoplasma angehörende

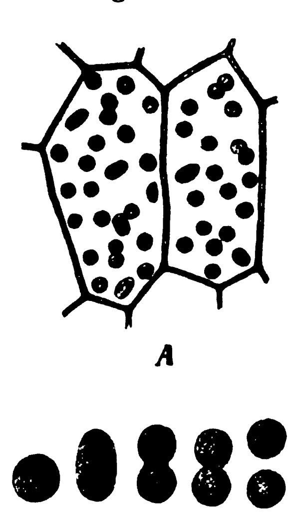


Figur 94.

Pollenmutterzellen von Lilium Martagon mit verschiedenen Kerntheilungsstadien. **A** kurz vor Beginn der Kerntheilung. **B** späteres Stadium; die Centralkörper sind auseinandergerückt. **C** Spindel mit Kernplatte. **D** die Theilhälften der Kernsegmente rücken auseinander, die Centralkörper haben sich getheilt. **E** die Fadenenden sammeln sich an den beiden Spindelpolen an. **F** die Tochterkerne haben sich abgerundet und sind mit einer neuen Kernmembran umgeben (nach Guignard).

Gebilde, die **Centralkörper** oder **Centrosomen**, aktiv betheiligt. Dieselben stellen eine kugelige Anhäufung kleinster Körnchen dar. Sie sind von einem helleren Hofe, der Attractionssphäre, umgeben, um welchen herum wenigstens zeitweilig das Protoplasma eine strahlige Anordnung seiner kleinsten, sichtbaren Theile zeigt. Die Centralkörper liegen am ruhenden Kern dicht neben einander an derselben Seite des Umfanges. Sie leiten den Theilungsvorgang dadurch ein, dass sie nach zwei entgegengesetzten Punkten des Kernumfanges hinwandern. Während nun im Kern die Nukleolen verschwinden, wandelt sich das Kerngerüst in

einen lockeren Knäuel um, welches im Gegensatz zu dem Gerüst im ruhenden Kerne aus gleichmässigen, glattcontourirten Fadenschleifen, den Kernsegmenten, besteht. Die Fadenschleifen spalten sich im weiteren Verlauf der Theilung in zwei Tochtersegmente. Ungefähr in diesem Stadium verschwindet die Kernmembran; von den Centrosomen aus verlaufen strahlig angeordnete Plasmafäden nach dem Kerninnern, so dass eine spindelförmige oder cylindrische Figur entsteht, welche als **Kernspindel** bezeichnet wird. Die Segmente ordnen sich bald in der Aequatorialebene der Spindel an, sie bilden die **Kernplatte**, wobei sie paarweise, wie sie durch die Spaltung aus den ursprünglichen Fadenschleifen hervorgegangen sind, neben einander liegen. In dem folgenden Stadium rücken die Segmente auseinander, nach den Polen der Spindel hin und zwar in der Weise, dass von jedem Paar ein Theil zu dem einen Pol, der andere zum andern Pol hinwandert. Während die Fadenstücke in der Nähe der Spindelpole zu Knäueln zusammenrücken, bildet sich um jede der beiden Gruppen eine neue Kernmembran. Inzwischen haben auch die an den Spindelpolen liegenden Centrosomen sich getheilt. Endlich bilden die Fäden in den neuentstandenen Kernen sich wieder zu einem dichten Knäuel um und es tritt wieder ein Nukleolus auf oder deren mehrere und die beiden Zellkerne zeigen dieselbe Beschaffenheit, welche der Mutterkern im Zustand der Ruhe besass.



Figur 95.
A zwei Zellen mit Chlorophyllkörpern, aus einem Moosblatt. B aufeinanderfolgende Theilungsstadien eines scheibenförmigen Chlorophyllkörpers.

Der soeben geschilderte Theilungsvorgang wird als **Karyokinese** oder **mitotische Kerntheilung** bezeichnet; neben derselben ist im Pflanzenreich in ganz vereinzelten Fällen eine direkte, **amitotische** Kerntheilung beobachtet worden, bei welcher der sich theilende Kern durch Einschnürung in der Mitte direkt in zwei Theile zerfällt.

Die Chromatophoren. — Als Chromatophoren bezeichnet man eine Reihe bestimmt geformter, individualisirter Gebilde in der Zelle, welche aus einer mit dem Protoplasma nahe verwandten Substanz bestehen. Sie sind häufig die Träger bestimmter Farbstoffe und haben insofern für die Lebenserscheinungen der Pflanzen eine hohe Bedeutung, als sich in ihnen der Prozess der Stärkebildung abspielt. Im Hinblick auf diese Funktion werden die Chromatophoren wohl auch als Stärkebildner bezeichnet. Man unterscheidet unter den Chromatophoren die Chlorophyllkörper, die Leukoplasten und die Chromoplasten.

Die Chlorophyllkörper sind durch den als Blattgrün oder Chlorophyll bezeichneten Farbstoff grün gefärbt und finden sich meistens sehr zahlreich in allen Zellen grüner Pflanzentheile. Schon der Umstand,

dass das Blattgrün die Grundfarbe aller Vegetation ist, lässt auf die hohe Bedeutung schliessen, welche den Chlorophyllkörpern, den Trägern dieses allgemein verbreiteten Farbstoffes im Leben der Pflanzen zukommt. Sie stellen die Elementarorgane dar, in denen sich unter der Einwirkung des Lichtes die Assimilation, die Bildung organischer Substanz aus anorganischen Stoffen vollzieht. Das erste sichtbare Produkt des Vorganges ist die Stärke.

Die Form der Chlorophyllkörper ist meistens kugelig oder scheibenförmig (Fig. 95 **A**); bei niederen Pflanzen, besonders bei den Algen kommen auch band-, platten- oder sternförmige oder sonstwie abweichend geformte Chlorophyllkörper vor. Die Körperform ist übrigens bei den Chlorophyllkörpern nicht konstant, sondern es können innerhalb gewisser Grenzen aktive Gestaltveränderungen an den Körpern stattfinden, worauf wir in dem Abschnitt über die Physiologie noch einmal zurückzukommen haben. Die Chlorophyllkörper vermehren sich durch direkte Theilung, indem sie sich durch Wachsthum vergrössern, in der Mitte einschnüren und endlich in zwei gleiche Theile zerfallen, deren jeder die ursprüngliche Form annimmt (Fig. 95 **B**).



Figur 96.
Zelle aus dem Fruchtfleisch von Solanum mit spindelförmigen, orangerothen Chromoplasten. *n* Zellkern.

In den jugendlichen Pflanzentheilen ist der grüne Farbstoff noch nicht in den Chlorophyllkörpern vorhanden; derselbe bildet sich im Gange der Entwickelung meist unter dem Einfluss des Lichtes aus.

Die chemische Natur des Chlorophyllfarbstoffes ist noch nicht genügend aufgeklärt. Der Farbstoff lässt sich durch Alkohol aus den Chlorophyllkörpern extrahiren. Die erhaltene Lösung zeigt deutliche Fluorescenz; sie ist grün im durchfallenden Licht, im auffallenden erscheint sie blutroth. In alternden Pflanzentheilen wird das Chlorophyll und der protoplasmatische Farbstoffträger meistens verändert und zerstört, eine Erscheinung, auf welcher z. B. die Herbstfärbung des Laubes und das Gelbwerden des reifenden Getreides beruht.

Die nicht ergrünten Farbstoffträger in den jugendlichen Pflanzentheilen werden **Leucoplasten** genannt. Es kommen aber auch in älteren Pflanzentheilen Leucoplasten vor. Sie stimmen in der Form mit den Chlorophyllkörpern überein und bilden wie diese Stärke in ihrem Innern aus. Die Stärke ist indess hier nicht das direkte Produkt des Leucoplasten, sondern es ist die von den chlorophyllhaltigen Zellen eingewanderte Assimilationsstärke, welche in den Leucoplasten in Form grösserer Körner ausgeschieden wird. Es handelt sich dabei um eine vorläufige Speicherung der durch die Assimilation gewonnenen Stärke; später wird der Vorrath zum Aufbau des Pflanzenkörpers aufgebraucht. Man bezeichnet deshalb die von den Leucoplasten ausgeschiedenen Stärkekörner als Reservestärke.

Die Chromoplasten sind Farbstoffträger, welche eine andere als grüne Färbung besitzen. Sie entstehen durch Umwandlung aus Leucoplasten oder aus Chlorophyllkörpern und finden sich vorwiegend in den Kronblättern der Blüthen und in farbigen Früchten, gelegentlich aber

auch in anderen Pflanzentheilen. Indess sind nicht alle bunten Farben der Blüthen und Früchte auf Chromoplasten zurückzuführen, häufig kommen auch Farbstoffe im Zellsaft gelöst vor. Die Chromoplasten haben vorwiegend gelbe und gelbrothe Farbe. Ihre Form ist entweder scheibenförmig rundlich, wie die der Chlorophyllkörper, oder sie sind mehr tafelförmig eckig oder sonstwie unregelmässig gestaltet (Fig. 96).

Die Stärke. — Die in den Chlorophyllkörpern ausgebildete Assimilationsstärke ist meistens nur in der Form kleiner, unregelmässiger Körnchen vorhanden. Sie wird bald wieder aufgelöst und zu den Stellen des Verbrauches fortgeführt, oder sie wandert in chlorophylllose Zellen, um dort von den Stärkebildnern als Reservestärke zeitweilig abgelagert zu werden. Die Substanz des Stärkekornes, das Amylum, ist ein Kohlehydrat von der Formel $C_6 H_{10} O_5$, welches sich mit Jod blau färbt. Die spätere Lösung derselben in der Zelle erfolgt durch Fermente vom Protoplasma aus.

Die Körner der Reservestärke erreichen oft eine beträchtliche Grösse. Häufig wird in jedem Stärkebildner nur ein einziges Stärkekorn ausgebildet. Dasselbe wächst, indem an seiner Oberfläche von dem Stärkebildner immer neue Schichten ausgebildet werden, oft so mächtig heran, dass der Körper des Stärkebildners gänzlich deformirt wird und endlich nur noch wie ein dünner Ueberzug das Korn umgiebt (Fig. 97 **A**).

Figur 97.

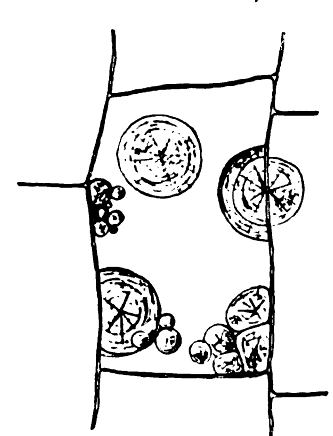
A 1 Stärkekorn von Pellionia mit aufsitzendem Stärkebildner, 2 Theil eines Stärkebildners nach Entfernung des Stärkekorns. **B** Stärkekörner aus der Kartoffelknolle. **C** Maisstärke, die Körner sind durch gegenseitigen Druck eckig geworden. **D** Haferstärke, neben einzelnen grösseren zusammengesetzten Stärkekörnern liegen viele eckige Theilkörner ($^{150}/_1$).

Gewöhnlich sind die Stärkekörner rundlich, nur wo dieselben in sehr grosser Anzahl in einer Zelle vorhanden sind, wie in den Zellen des Maiskorns, da werden sie durch gegenseitigen Druck abgeplattet und stellen unregelmässig vielflächige Körper dar (Fig. 97).

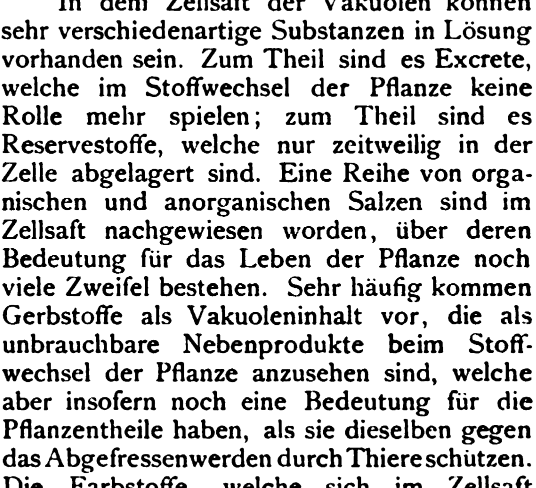
An manchen Stärkekörnern lässt sich eine deutliche Schichtung erkennen, welche dadurch zu Stande kommt, dass abwechselnd weichere und dichtere Schichten über einander gelagert sind. Das Schichtencentrum wird als Kern des Stärkekorns bezeichnet. Manche Körner sind aus ringsherum gleich dicken, concentrischen Schichten aufgebaut. Andere dagegen sind excentrisch geschichtet. Es beruht das darauf, dass die Hauptmasse des durch das heranwachsende Stärkekorn auseinandergedrängten Stärkebildners sich an der einen Seite des Kornes anhäuft,

so dass dort die Produktion der Substanz eine reichlichere ist, als an den anderen Stellen des Umfanges. Indem in einem Stärkebildner mehrere Stärkekörner gleichzeitig angelegt werden, kommen zusammengesetzte Stärkekörner zu Stande. Die Theilkörner sind durch den gegenseitigen Druck abgeplattet. Es kommt bisweilen vor, dass ursprünglich getrennte Anlagen von Stärkekörnern innerhalb eines Stärkebildner nachträglich noch von gemeinschaftlichen Stärkeschichten umhüllt werden, so dass mehrkernige Körner entstehen.

Die Vakuolen. — Als Vakuolen bezeichnet man Hohlräume im Protoplasma, welche mit wässeriger Flüssigkeit, dem Zellsaft, erfüllt sind. In den jugendlichen Zellen sind keine Vakuolen vorhanden. Dieselben entstehen erst nachträglich, indem sich im Innern des Protoplasmas Tropfen von Zellsaft ausbilden, welche durch fortgesetzte Ausscheidungen des Protoplasmas sich vergrössern und endlich oft fast den ganzen Innenraum der Zelle ausfüllen, während das Protoplasma nur noch einen dünnen Ueberzug der Zellwand bildet.

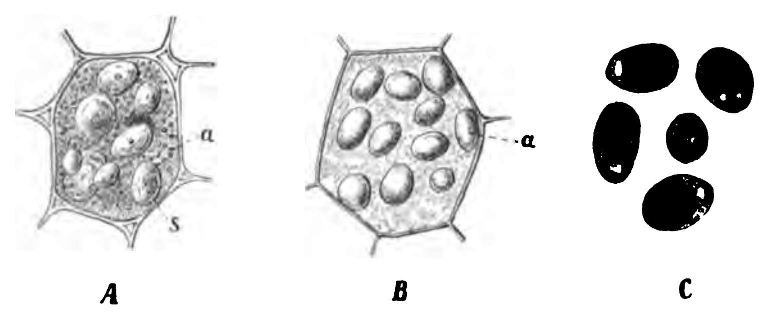


Figur 98.
Zelle aus der Knolle von Dahlia variabilis, in welcher sich nach längerem Liegen in Alkohol Sphärokrystalle von Inulin ausgeschieden haben.



In dem Zellsaft der Vakuolen können sehr verschiedenartige Substanzen in Lösung vorhanden sein. Zum Theil sind es Excrete, welche im Stoffwechsel der Pflanze keine Rolle mehr spielen; zum Theil sind es Reservestoffe, welche nur zeitweilig in der Zelle abgelagert sind. Eine Reihe von organischen und anorganischen Salzen sind im Zellsaft nachgewiesen worden, über deren Bedeutung für das Leben der Pflanze noch viele Zweifel bestehen. Sehr häufig kommen Gerbstoffe als Vakuoleninhalt vor, die als unbrauchbare Nebenprodukte beim Stoffwechsel der Pflanze anzusehen sind, welche aber insofern noch eine Bedeutung für die Pflanzentheile haben, als sie dieselben gegen das Abgefressenwerden durch Thiere schützen. Die Farbstoffe, welche sich im Zellsaft mancher Oberflächenzellen finden, haben gleichfalls nur eine biologische Bedeutung. Sie verursachen die auffällige Färbung vieler Blüthen und Früchte, welche die Aufmerksamkeit der die Pollenübertragung respektive die Samenverbreitung vermittelnden Thiere erregt. Auch in den Blattzellen der rothblättrigen Varietäten einiger Laubbäume, der Blutbuche, des Bluthasel u. a. m. ist gefärbter Zellsaft vorhanden. Nicht selten sind in den Vakuolen Pflanzensäuren vorhanden: Apfelsäure, Citronensäure u. a. m.

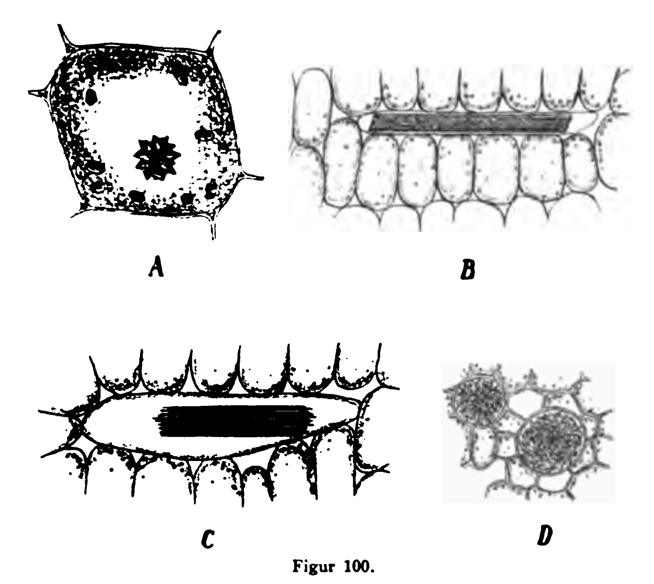
Als Reservestoffe sind die Zuckerarten anzusehen, welche im Zellsaft vieler Pflanzen vorkommen; ferner das Inulin, welches sich z. B. in den Zellen mancher Compositen in Menge findet und bei Behandlung mit Alkohol in Form von Sphärokrystallen ausgeschieden wird (Fig. 98). Eiweissstoffe finden sich häufig im Zellsaft vor. In reifenden Samen



Figur 99.

A Zelle aus dem Cotyledon der Erbse. *s* Stärke, *a* Aleuron. **B** Zelle aus dem Endosperm von Ricinus. *a* Aleuron. **C** einzelne Aleuronkörner aus dem Endosperm von Ricinus nach Behandlung mit Jodjodkalium. In der Grundsubstanz des Kornes sind ein Krystalloid und ein Globoid erkennbar.

mancher Pflanzen werden die eiweissreichen Vakuolen durch Wasserentziehung zu festen Körpern verdichtet, welche man als **Aleuronkörner** bezeichnet. Dieselben sind meist sehr kleine, rundliche Körnchen, nur in wenigen Fällen, wie im Endosperm des Samens von Ricinus, erreichen sie eine beträchtliche Grösse (Fig. 99); man kann in diesem Falle bisweilen bestimmt geformte Einschlüsse in dem Aleuronkorn erkennen; ein Krystalloid einer Eiweisssubstanz und rundliche, amorphe Körper, die Globoide,



Figur 100.

A Zelle aus dem Blattstiel von Begonia mit einer Druse von oxalsaurem Kalk. **B** Zellen aus dem Blatt von Agave americana; in der einen langgestreckten Zelle ist ein stabförmiger Einzelkrystall von oxalsaurem Kalk eingeschlossen. **C** Zelle aus dem Blatt von Agave americana mit Rhaphidenbündel. **D** Zellgruppe aus dem Blatt von Atropa Belladonna; zwei Zellen sind mit Krystallsand erfüllt.

welche neben organischer Substanz Phosphorsäure, Magnesium und Calcium enthalten (Fig. 99 **C**). Eiweisskrystalloide treten übrigens, wie hier erwähnt sein mag, gelegentlich auch im flüssigen Vakuoleninhalt auf; sie finden sich ferner in einzelnen Fällen im Zellkern und in den Chromatophoren.

Krystalle. — In gewissen Vakuolen vieler Pflanzen wird Oxalsäure ausgeschieden, welche mit den in Lösung vorhandenen Kalksalzen Calciumoxalat bildet. Dasselbe wird in Krystallform in der Zelle abgelagert.

In manchen Pflanzen sind die oxalatführenden Zellen in Form und Grösse von den anderen Zellen wesentlich verschieden; bei anderen treten die Krystalle in allen beliebigen Zellen auf. Häufig bilden sich grosse Einzelkrystalle aus oder es entstehen morgensternförmige Drusen (Fig. 100 **A, B**). Bei manchen Pflanzen findet sich das Oxalat in Form schlanker Nadeln abgeschieden, welche zu Bündeln vereinigt und mit einer Schleimhülle umgeben in bestimmten Zellen abgelagert sind. Man bezeichnet diese Nadelbündel als Rhaphiden (Fig. 100 **C**).

Bestimmte Zellen einiger Blüthenpflanzen, z. B. der Tollkirsche, Atropa Belladonna, sind fast ganz mit kleinen krystallinischen Körnchen erfüllt; sie werden Sandzellen genannt (Fig. 100 **D**).

Krystalle von kohlensaurem Kalk und von Gips kommen nur äusserst selten im Zellinhalt vor.

3. Die Zellwand.

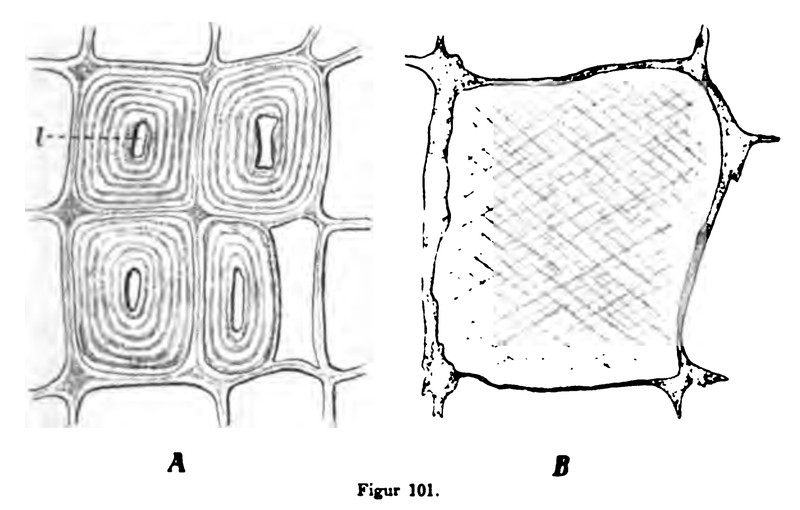
Struktur der Zellwand. — Bei jugendlichen Zellen stellt die Zellwand ein dünnes, dehnbares Häutchen dar, welches mit Wasser durchtränkt ist und gleich anderen organischen Membranen osmotische Eigenschaften besitzt. An manchen Zellwänden sind äusserst feine Durchbohrungen (Poren) nachgewiesen worden, durch welche die Inhalte benachbarter Zellen in Verbindung stehen; in anderen Zellen fehlen dieselben.

Die Zellwand vergrössert sich mit der Zunahme des Zellinhaltes in der Fläche; sehr häufig findet aber auch ein Dickenzuwachs derselben statt, indem neue Cellulosesubstanz vom Protoplasma aus zu der vorhandenen hinzugefügt wird. Dieser Prozess kann in verschiedener Weise vor sich gehen. Entweder wird die vom Protoplasma abgegebene Cellulose auf der Oberfläche der vorhandenen Zellwand abgelagert — ein solcher Wachsthumsvorgang wird als Apposition bezeichnet — oder die neugebildeten Cellulosemolekeln wandern zwischen die Molekelverbände (Micelle), aus denen die Zellwand aufgebaut ist, hinein und lagern sich auf denselben oder zwischen denselben ab — man nennt diese Art des Wachsthums Intussusception —. Häufig werden vom Protoplasma aus ganze Celluloseschichten auf die vorhandene Wand aufgelagert. Es ist wahrscheinlich, dass bei diesem Vorgang in vielen Fällen ein Intussusceptions-Wachsthum der einzelnen so entstandenen Wandschichten nebenher geht. Die ausgewachsene Membran erscheint in Folge des Zuwachses oft deutlich geschichtet (Fig. 101 **A**). An vielen sekundär verdickten Zellwänden sind ausserdem auf der Fläche der Wand Systeme von zarten Schrägstreifen

sichtbar, welche sich bisweilen kreuzen (Fig. 101 **B**). Die in verschiedener Richtung verlaufenden Streifen gehören dann verschiedenen Verdickungsschichten an. Schichtung und Streifung sind darauf zurückzuführen, dass wasserreiche und wasserarme Schichten in der Wand mit einander abwechseln.

Gewöhnlich bleiben bei der sekundären Verdickung der Zellwand einzelne scharf umschriebene Wandstellen im Dickenwachsthum hinter den anderen zurück, so dass in der verdickten Wand dünnere Stellen vorhanden sind, welche den Stoffverkehr zwischen den benachbarten Zellen vermitteln.

Man bezeichnet die abweichend gebildete Stelle der Wand als Tüpfel. Der Zugang zu der dünnen Wandstelle wird Tüpfelkanal genannt (Fig. 102 **A**). Häufig sind die Tüpfel annähernd kreisrundlich, bisweilen sind sie spaltenförmig. An manchen Wänden treten die Wandverdickungen gegenüber den



Figur 101.

A Theil eines Querschnittes durch die Wurzelrinde von Ginkgo biloba. Die Wände einiger Zellen sind stark verdickt und deutlich geschichtet. *l* der Hohlraum der Zelle. **B** Zellwand aus dem Mark von Dahlia variabilis mit sichtbarer Streifung (nach Strassburger).

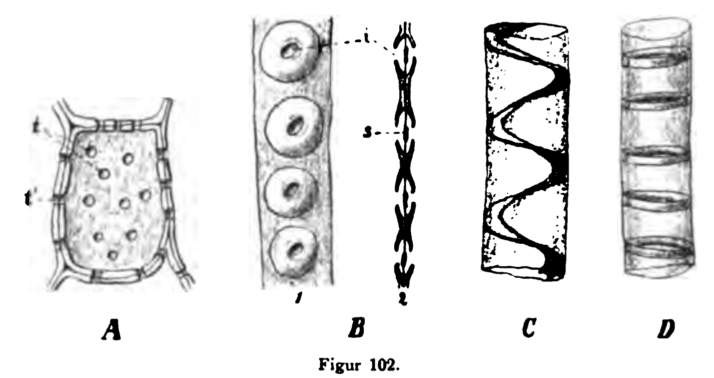
unverdickt gebliebenen Wandtheilen sehr zurück; sie bilden nur ringförmige Leisten oder Spiralbänder, zwischen denen die dünnen Wandstellen als breite Streifen liegen (Fig. 102 **C** u. **D**). Eine eigenartige Tüpfelbildung zeigen die Wände der Nadelholzzellen und manche andere. Dort sind über der runden, dünnen Wandstelle die Tüpfelkanäle nach dem Zellinnern hin stark verengert, so dass ein hofartiger Hohlraum jederseits von der dünnen Trennungswand, der sogenannten Schliesshaut, gebildet wird. Diese Art der Tüpfel wird als Hoftüpfel oder gehöfter Tüpfel bezeichnet (Fig. 102 **B**).

Chemische Beschaffenheit der Zellwand. — Die Zellwand besteht in den jungen Zellen aus **Cellulose**, einem Kohlehydrat, welches wie die Stärke die Formel $C_6 H_{10} O_5$ hat und welches, mit Chlorzinkjod oder Schwefelsäure und Jod behandelt, eine blaue Färbung annimmt. Von concentrirter Schwefelsäure und von Kupferoxydammoniak wird die

Cellulose gelöst. In den Wandungen vieler Zellen erleidet die Cellulose im Laufe der Entwickelung nachträgliche Veränderungen. Sehr häufig kommen Verkorkung und Verholzung vor.

Die **Verkorkung** trifft hauptsächlich solche Celluloseschichten, welche mit der Atmosphäre oder mit dem Wasser in Berührung sind, also alle Oberflächen der Gewächse; indessen kommen auch im Innern der Pflanzenkörper verkorkte Membranen vor. Die Verkorkung kommt durch Einlagerung eines fettartigen Körpers, des Suberins, zwischen die kleinsten Theile der Celluloselamellen zustande. Sie bewirkt, dass die Zellwände für Wasser schwer durchlässig werden. Die verkorkten Wände sind in Schwefelsäure nicht löslich; sie färben sich mit Chlorzinkjod gelb, ebenso mit concentrirter Kalilauge. Durch Kochen in Kalilauge kann die fettartige Einlagerung aus der Cellulose entfernt werden.

Die **Verholzung** wird ebenfalls durch Einlagerung einer Substanz zwischen die Cellulosetheilchen der Zellwände herbeigeführt. Man bezeichnet



Figur 102.

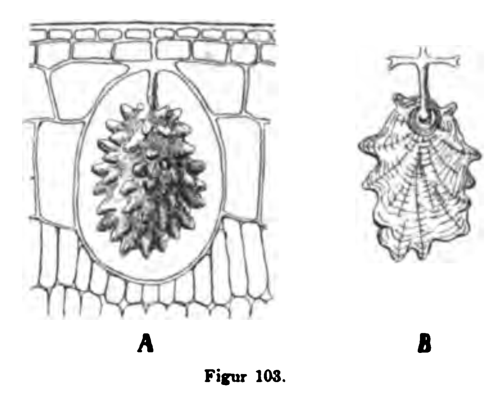
A Querschnitt einer Zelle mit getüpfelter Wand. *t* Tüpfel von der Fläche, *t'* aufgeschnittener Tüpfel. **B** Zellwand mit gehöften Tüpfeln, 1 von der Fläche, 2 im Längsschnitt. *i* Eingang in den Tüpfelhof, *s* Schliesshaut. **C** Theil einer schlauchförmigen Zelle mit spiralförmiger Wandverdickung. **D** Theil einer schlauchförmigen Zelle mit ringförmiger Wandverdickung.

die eingelagerte Substanz, deren chemische Eigenschaften noch nicht genügend bekannt sind, als Lignin. Aus den Reaktionen ergiebt sich, dass an der Zusammensetzung desselben das Vanillin und das Coniferin, chemisch bestimmt definirte Substanzen, betheiligt sind. Mit Chlorzinkjod färbt sich die verholzte Membran gelb; mit Phloroglucin und Salzsäure wird eine intensive Rothfärbung erzeugt. Durch Kalilauge oder Salpetersäure kann die eingelagerte Substanz ausgezogen werden, so dass der Rest mit Chlorzinkjod die Cellulosereaktion giebt.

Eine dritte Form sekundärer Veränderung der Cellulosesubstanz ist die Einlagerung mineralischer Substanzen. Bisweilen findet man oxalsauren Kalk in Form deutlicher Krystalle in die Grundsubstanz der Zellwand eingebettet. Häufiger aber ist der Fall, dass die anorganische Substanz amorph in kleinsten Theilen der organischen Grundlage eingefügt ist. Das Letztere ist bei der **Verkieselung** der Zellmembranen der Fall. Durch die Einlagerung der Kieselsäure wird die Härte und

Festigkeit der Membranen bedeutend erhöht. Indem man durch Glühen die organische Substanz zerstört, erhält man ein Kieselskelett der Membran, welches gewöhnlich noch die Strukturverhältnisse der Letzteren genau aufweist. Die Verkieselung der Membranen ist im Pflanzenreiche sehr weit verbreitet; in auffälligem Masse ist sie bei den Kieselalgen oder Diatomeen, in der Oberhaut der Schachtelhalme und der Gräser zu beobachten. In ähnlicher Weise wie die Kieselsäure ist bisweilen kohlensaurer Kalk in die Cellulose eingelagert, so in den Haaren der Boragineen mancher Cruciferen u. a. m. Lässt man eine Säure auf die verkalkten Membranen einwirken, so wird der Kalk unter Gasentwickelung aufgelöst.

Bei den Acanthaceen und Urticaceen sind in gewissen Zellen eigenthümliche, der Zellwand angehörende Gebilde vorhanden, welche gleichfalls in der von der Cellulose gebildeten Grundsubstanz ihres Körpers massenhaft kohlensauren Kalk eingelagert enthalten. Besonders schön sind diese Gebilde, welche man als **Cystolithen** bezeichnet, in den Blättern des Gummibaumes, Ficus elastica, ausgebildet (Fig. 103). Sie stellen unregelmässige, eiförmige, mit Warzen bedeckte Körper dar, welche mit einem dünnen, verkieselten Stiel an der Wand befestigt sind und die Zelle fast ganz erfüllen. Wenn man durch Essigsäure den kohlensauren Kalk aus dem Körper des Cystolithen entfernt, so bleibt ein zartes Cellulosegerüst zurück, an dem man erkennt. dass das Gebilde aus ziemlich gleichmässigen Schichten zusammengesetzt ist, durch welche rechtwinkelig radiale Stränge zu den Spitzen der Warzen auf der Oberfläche verlaufen.



Figur 103.

A Theil vom Querschnitt des Blattes von Ficus elastica mit einem Cystolithen. B optischer Längsschnitt eines entkalkten Cystolithen.

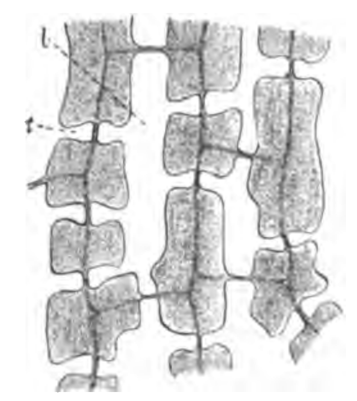
Neben der typischen Cellulose, welche die Zellwände der meisten Gewächse bildet und welche auch die Grundsubstanz der verholzten, verkorkten, verkieselten und verkalkten Membranen ist, kommen im Pflanzenreich noch einige andere, nahe verwandte Stoffe vor, welche für sich allein oder in Verbindung mit der Cellulose zur Zellwandbildung Verwendung finden. Ihrer procentischen, chemischen Zusammensetzung nach stimmen diese Substanzen mit der Cellulose überein, indess zeigen sie andere Reaktionen und zum Theil auch andere physikalische Eigenschaften, man kann sie als Modifikationen der Cellulose bezeichnen.

Die Zellwände der meisten Pilze bestehen aus einer Substanz, welche viel dichter als die gewöhnliche Cellulose ist und im Gegensatz zu der Letzteren durch Säuren nicht angegriffen wird. Erst wochenlange Vorbehandlung mit oft erneuter, concentrirter Kalilauge vermag die Cellulose-

reaktion mit Jod und Schwefelsäure an derselben hervorzurufen. Man bezeichnet diese Substanz als **Pilzcellulose.**

In dem Endosperm mancher Samen und in den Cotyledonen einiger Embryonen sind die sekundären Verdickungsschichten der Zellwände aus Cellulosemodifikationen gebildet. Bei der Entwickelung der Keimpflanze wird die Wandverdickung vollständig wieder aufgelöst und zum Aufbau der jungen Pflanze verwendet, nur die aus typischer Cellulose bestehende ursprüngliche Zellwand der Endosperm- oder Cotyledonar-Zellen bleibt erhalten. Die Substanz der Wandverdickungen, welche offenbar als Reservestoff abgelagert ist, kann man als **Reservecellulose** bezeichnen (Fig. 104).

Endlich sei noch als einer im Pflanzenreich häufiger auftretenden Modifikation der Cellulose, der **Pflanzenschleim**, erwähnt, welcher sich an der Oberfläche mancher Samen und Früchte, aber auch im Innern anderer Pflanzentheile als Bestandtheil der Zellwände vorfindet. Der Pflanzenschleim ist von der normalen Cellulose dadurch unterschieden, dass er nur in der Trockenheit eine feste Consistenz besitzt, bei Wasserzufuhr aber gallertartig aufquillt oder gänzlich zerfliesst. Der Pflanzenschleim, welcher normaler Weise im anatomischen Bau gewisser Pflanzentheile eine Rolle spielt, ist nicht zu verwechseln mit dem Schleim, der durch pathologische Veränderungen aus der Cellulose entstehen kann und den wir z. B. bei dem Gummifluss unserer Kernobstbäume auftreten sehen.



Figur 104.

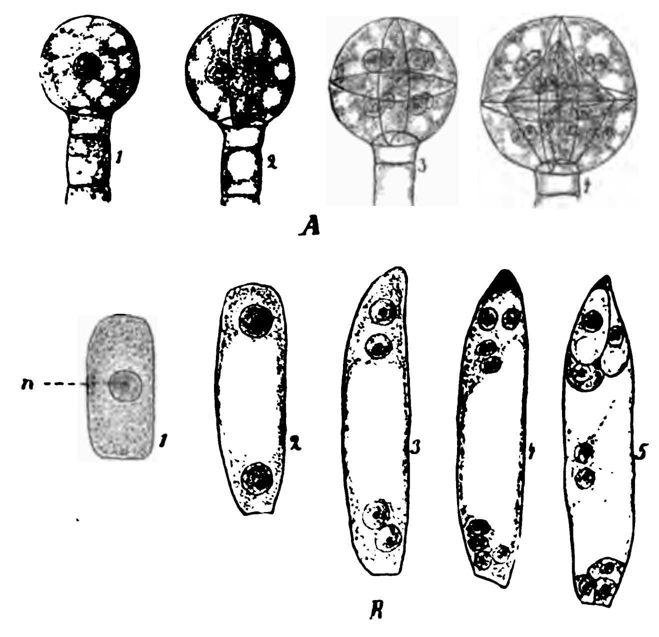
Einige Zellen aus dem Endosperm der Dattel im Längsschnitt. *l* der Hohlraum einer Zelle. Die Zellwände sind durch Reservecellulose stark verdickt und mit weiten Tüpfeln *t* versehen.

Nackte und leere Zellen. — In der Definition des Begriffes der Pflanzenzelle ist das Vorhandensein einer Zellwand als ein wesentliches Merkmal anzusehen; der Ausdruck nackte Zelle enthält also im Grunde genommen einen Widerspruch. Es ist indess besonders bei der Fortpflanzung niederer Organismen der Fall nicht selten, dass der Inhalt einer Zelle zeitweilig seine Hülle verlässt, um nach kurzer Dauer sich mit einer neuen Zellwand zu umgeben. Insofern als der aus der Zellhülle ausgetretene Zellinhalt nur einen vorübergehenden Zustand in dem gesammten Leben des betreffenden Elementarorganes repräsentirt, empfiehlt es sich, für denselben die Bezeichnung »nackte Zelle« beizubehalten.

Ein Gegenstück zu den nackten Zellen bilden die leeren Zellen, aus welchen der grösste Theil des Gewebes der Holzstämme gebildet wird. Ursprünglich enthalten auch diese Zellen einen lebenden Inhalt; im Verlaufe der Entwickelung aber stirbt das Protoplasma ab und verschwindet fast gänzlich, so dass von der Zelle nur die verholzten Zellwände übrigbleiben; die Höhlung der Zelle ist mit Wasser und Luft erfüllt.

4. Die Entstehung der Zellen.

Zelltheilung. — Eine Neubildung von Zellen findet nur dort statt, wo lebendes Protoplasma zum Aufbau derselben vorhanden ist: es handelt sich also meistens nur um die Vermehrung der Zahl der vorhandenen Zellen. Die einfachste und häufigste Vermehrungsweise der Zellen ist die Theilung. Indem in einer vorhandenen Zelle eine Querwand auftritt, wird die Zelle in zwei neue Zellen zerlegt. Da jede Zelle einen Zellkern besitzen muss, so muss wenigstens bei den mit einem einzigen Zellkern versehenen Zellen die Kerntheilung der Zelltheilung



Figur 105.

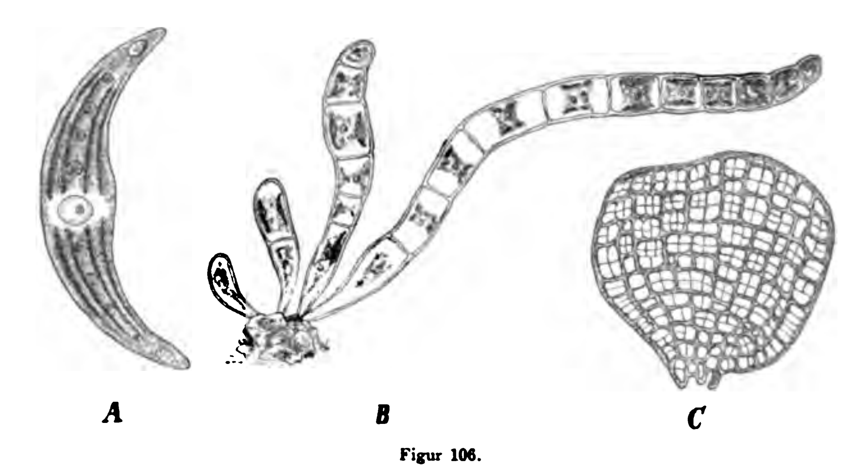
A 1—4 aufeinanderfolgende Entwickelungsstadien eines dicotylen Embryos (schematisch). Die Zahl der Zellen wird durch Zelltheilung vermehrt. **B** 1—5 aufeinanderfolgende Entwickelungsstadien des Embryosackes einer angiospermen Pflanze. Durch freie Zellbildung werden zunächst an jedem Ende des Embryosackes drei neue Zellen gebildet.

vorangehen. Gewöhnlich entsteht, noch ehe die beiden Tochterkerne ihre volle Ausbildung erlangt haben, zwischen beiden im Protoplasma die Anlage der Theilungswand, welche sich seitlich an die alte Zellwand ansetzt.

Freie Zellbildung. — Bei dem soeben beschriebenen Theilungsvorgange wird, wie ersichtlich, die Zellwand der Mutterzelle für die Bildung der Tochterzellen mit verwendet; findet das nicht statt, bleibt also bei der Zelltheilung die Membran der Mutterzelle als solche erhalten, so bezeichnet man den Vorgang als freie Zellbildung (Fig. 105). Ein Beispiel

bietet die Sporenbildung in den Sporenschläuchen vieler Schlauchpilze (Acromyceten). Dort theilt sich der Zellkern wiederholt, bis acht Kerne vorhanden sind. Um jeden derselben sammelt sich eine Portion Protoplasma an und jede der so entstandenen Energiden umgiebt sich mit einer neuen Zellwand.

Im Embryosack der höheren Pflanzen findet ebenfalls eine freie Zellbildung statt (Fig. 105 B). Der Zellkern in der Anlage des Embryosackes theilt sich wiederholt, bis acht freie Zellkerne und also auch acht Energiden in dem Embryosack vorhanden sind, von denen je vier an jedem Ende der meist schlauchartig gestreckten Zelle liegen. Indem sich an jedem Zellende drei der Energiden mit Zellwänden umgeben, entstehen



Figur 106.

A einzellige Alge, Closterium. **B** junge Pflänzchen der Fadenalge Ulothrix. **C** Prasiola, eine Alge, deren Vegetationskörper eine Zellfläche bildet.

im Innern des Embryosackes sechs Zellen. Später wird dann auch noch der übrige Inhalt des Embryosackes durch freie Zellbildung in einzelne Zellen vertheilt.

Zellverjüngung und Zellverschmelzung. — Endlich mag hier noch einiger Umformungsvorgänge gedacht werden, welche besonders bei den Fortpflanzungserscheinungen der niederen Pflanzen eine Rolle spielen. Bei der Zellverjüngung verlässt einfach der Protoplasmainhalt die alte Zellhülle, um sich früher oder später mit einer neuen Zellwand zu umgeben. Die Zellverschmelzung ist das wesentlichste und charakteristische Moment der geschlechtlichen Fortpflanzung; sie geht in der Weise vor sich, dass die wichtigsten Zellinhaltsbestandtheile der einen Zelle in die andere Zelle hineinwandern und mit derselben völlig verschmelzen.

Zweites Kapitel. Die Gewebelehre.

1. Die Zusammensetzung der Gewebe.

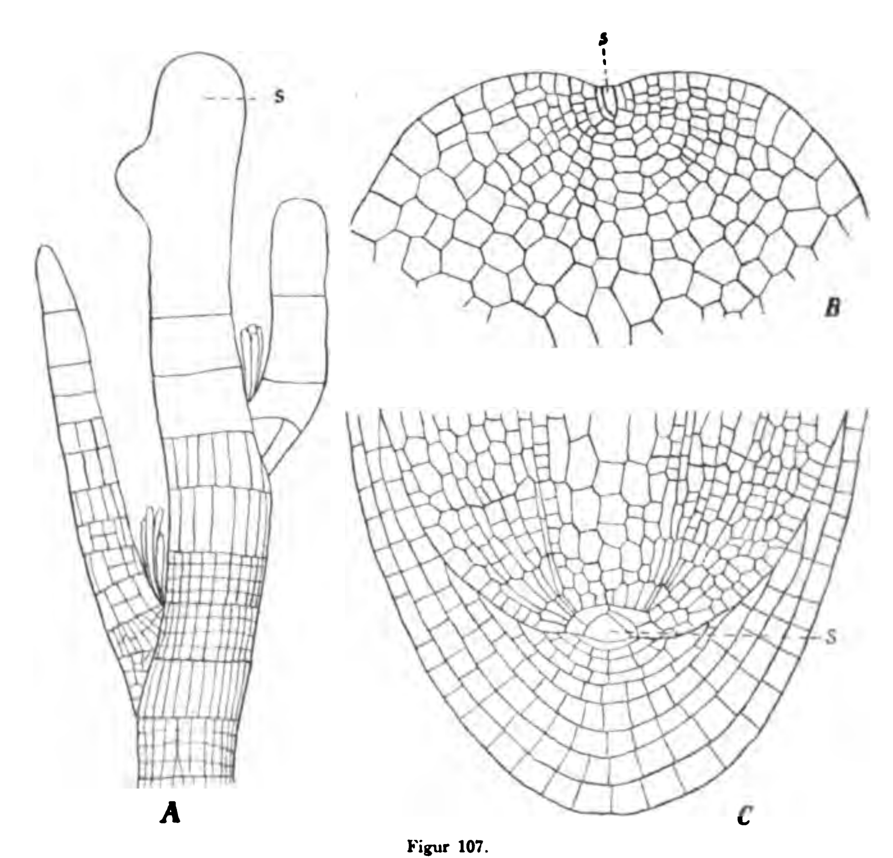
a) Die Entstehung der Gewebe am Vegetationspunkt.

Alle cellulären Pflanzenindividuen sind von einem einzelligen Anfangsstadium abzuleiten. Unter den niederen Pflanzen ist eine Anzahl von Arten bekannt, deren Vegetationskörper während der ganzen Lebenszeit aus einer einzigen Zelle besteht (Fig. 106**A**). Bei den meisten Pflanzen sind indess mehrere, oft sehr viele Zellen am Aufbau des Vegetationskörpers betheiligt, welche durch Zelltheilung aus der einen Anfangszelle hervorgegangen sind. In den einfachsten Fällen theilt sich die Anfangszelle in zwei gleichwerthige Tochterzellen, welche mit einander in Verbindung bleiben und sich in der gleichen Weise und in der gleichen Richtung weiter theilen. So entstehen einfache Zellfäden aus gleichartigen Zellen (Fig. 106**B**). Erfolgen die Theilungen in den Zellen nicht nur in der Quere, sondern auch in einer dazu senkrechten Richtung, so entstehen Zellflächen (Fig. 106**C**); und gehen endlich die Zelltheilungen in allen Richtungen des Raumes vor sich, so kommen Zellkörper zustande.

In manchen Zellverbänden ist die Entstehung der neuen Zellen lokalisirt; die unbegrenzte Theilbarkeit kommt nur einer einzigen Zelle, der **Scheitelzelle**, zu, während die von der Scheitelzelle abgegliederten Zellen direkt oder nach einigen weiteren Theilungen in den Dauerzustand ubergehen. Ein einfaches Beispiel für das Wachsthum vermittelst einer Scheitelzelle bietet der in Figur 107**A** abgebildete Thallusast der Meeresalge Stypocaulon. Die Scheitelzelle *s* theilt sich durch eine Querwand in zwei Zellen, von denen die nach der Spitze zu gelegene als Scheitelzelle erhalten bleibt und sich in gleicher Weise weitertheilt. Die nach rückwärts liegende Theilzelle dagegen erreicht nach einigen weiteren Theilungen den Abschluss ihrer Entwickelung. Nur vereinzelte der weiter rückwärts gelegenen Theilzellen haben die Natur der Scheitelzelle behalten und veranlassen dadurch die Ausbildung neuer Vegetationsscheitel, welche als Seitenzweige aus dem Hauptspross hervortreten.

Das Wachsthum vermittelst einer Scheitelzelle ist im Pflanzenreich sehr weit verbreitet; wir finden es bei den Pilzen, Algen, Moosen (Fig. 107**B**) und selbst unter den Gefässpflanzen bei den Farnen. Bei Moosen und Farnen wechselt die Richtung der aufeinanderfolgenden Theilungswände schon innerhalb der Scheitelzelle regelmässig ab; es kommen zweischneidige, dreiseitig und vierseitig pyramidenförmige Scheitelzellen an den Vegetationspunkten vor. An den Wurzeln der Gefässkryptogamen gehen auch die Zellen, welche zur Wurzelhaube werden, direkt aus der Scheitelzelle hervor (Fig. 107**C**). Bei den Samenpflanzen ist es nicht eine einzelne Scheitelzelle, von welcher die Gewebebildung am Vegetationspunkt ausgeht, sondern eine Gruppe von Zellen, ein kleiner Gewebekomplex, den man als Bildungsgewebe, als **Meristem** bezeichnet.

Unmittelbar am Vegetationspunkt sind die jungen Zellen alle annähernd gleich an Gestalt und Grösse; bald aber treten Differenzirungen ein, welche den Anfang der Ausbildung verschiedener Gewebesysteme in dem Pflanzenkörper darstellen. Man kann schon kurz hinter dem fortwachsenden Scheitel eine Sonderung des Gewebes in drei Theile wahrnehmen. Ein axiler Theil, das Plerom, stellt den Anfang des die Gefässbündel enthaltenden Achsencylinders dar; er wird mantelartig umhüllt von



Figur 107.

A Thallusast der Meeresalge Stypocaulon (nach Geyler). **B** Zellanordnung an der Vegetationsspitze des bandartigen Sprosses des Lebermooses Metzgeria. **C** Medianer Längsschnitt durch die Wurzelspitze eines Farns (nach v. Tieghem). *s* Scheitelzelle.

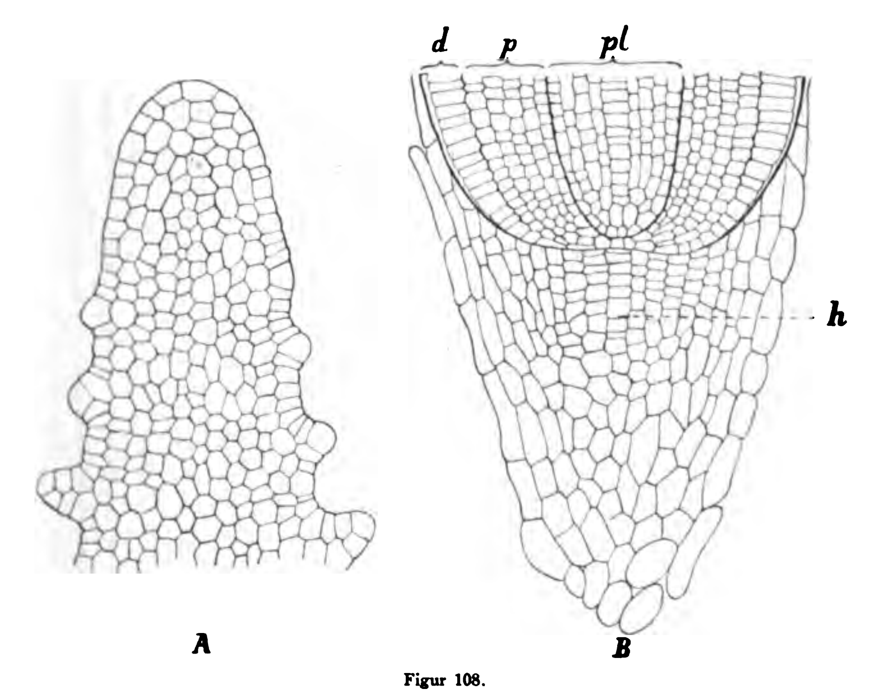
dem Periblem, der jungen Rindenschicht der Achse; die äusserste Zellschicht endlich, die jugendliche Oberhaut, wird Dermatogen genannt (Fig. 108 **B**).

Man kann den Ursprung dieser drei Meristemtheile auf einige wenige Zellen am Vegetationspunkt zurückverfolgen, welche als Initialen bezeichnet werden. An den Vegetationspunkten der Wurzeln werden ausserdem auch nach der Spitze hin Zellen ausgegliedert, von denen der Zuwachs der Wurzelhaube abzuleiten ist.

b) Formbestandtheile der Gewebe.

In den ausgewachsenen Theilen höherer Pflanzen ist die ursprüngliche Gleichmässigkeit der die Gewebe am Vegetationspunkt zusammensetzenden Zellen vollständig verschwunden.

Die Zellelemente unterscheiden sich sowohl durch Form und Grösse, als auch durch Inhalt und Funktion wesentlich von einander und ausserdem nehmen auch Gebilde an der Gewebeformation theil, welche wohl aus Zellen hervorgegangen, aber nicht mehr Zellen sind. Ferner sind zwischen den einzelnen Zellen Hohlräume, die Intercellularräume ent-



Figur 108.

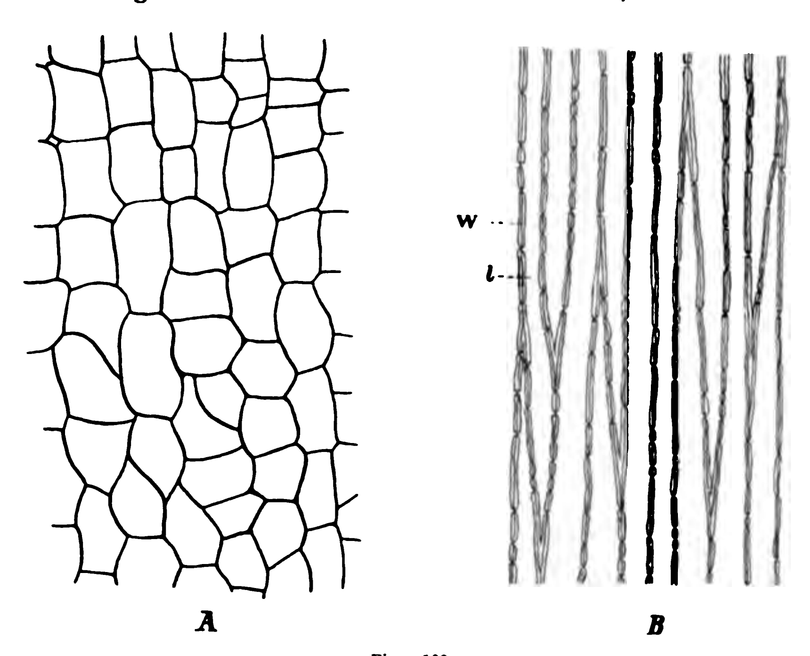
A Längsschnitt des Sprossgipfels von Elodea canadensis (nach Kny); die Blattanlagen sind nicht median getroffen. **B** Längsschnitt der Wurzelspitze von Hordeum vulgare (n. Janczewski). *h* Wurzelhaube, *d* Dermatogen, *p* Periblem, *pl* Plerom.

standen, welche für die Lebensverrichtungen der Pflanze Bedeutung haben und oft eigenartige Ausbildung gewinnen, so dass sie als ein Bestandtheil des ausgewachsenen Gewebes angesehen werden müssen. Im Folgenden sollen die einzelnen Formbestandtheile der Gewebe kurz besprochen werden.

Parenchym und Prosenchym. — Der Bau und die Zusammensetzung der Pflanzenzelle im Allgemeinen ist im vorhergehenden Abschnitt besprochen worden. Die Form der zu Geweben vereinigten Zellen ist sehr verschieden. Neben flach tafelförmigen kommen cylindrische oder prismatische Zellen vor, neben annähernd kugelrunden oder polyedrischen faserförmig langgestreckte mit langzugespitzten Enden. Man unterscheidet

unter Berücksichtigung der Zellform zwei durch Uebergänge verbundene Grundtypen der Gewebe: das **Parenchym**, dessen Zellen wenig oder nicht gestreckt und mit breiten Flächen aneinander gefügt sind, und das **Prosenchym**, dessen Zellen schmale Fasern sind, welche mit ihren langzugespitzten Enden zwischen einander eingeschoben sind (Fig. 109).

Collenchym und Sklerenchym. — Die Wände der lebenden Zellen in den Geweben sind meistens nicht sehr stark verdickt, nur bei der als Collenchym bezeichneten Gewebeform kommen beträchtlichere Wandverdickungen vor. Dieselben sind indess nicht gleichmässig im ganzen Umfange der Zelle über die Zellwand vertheilt, sondern sie treten

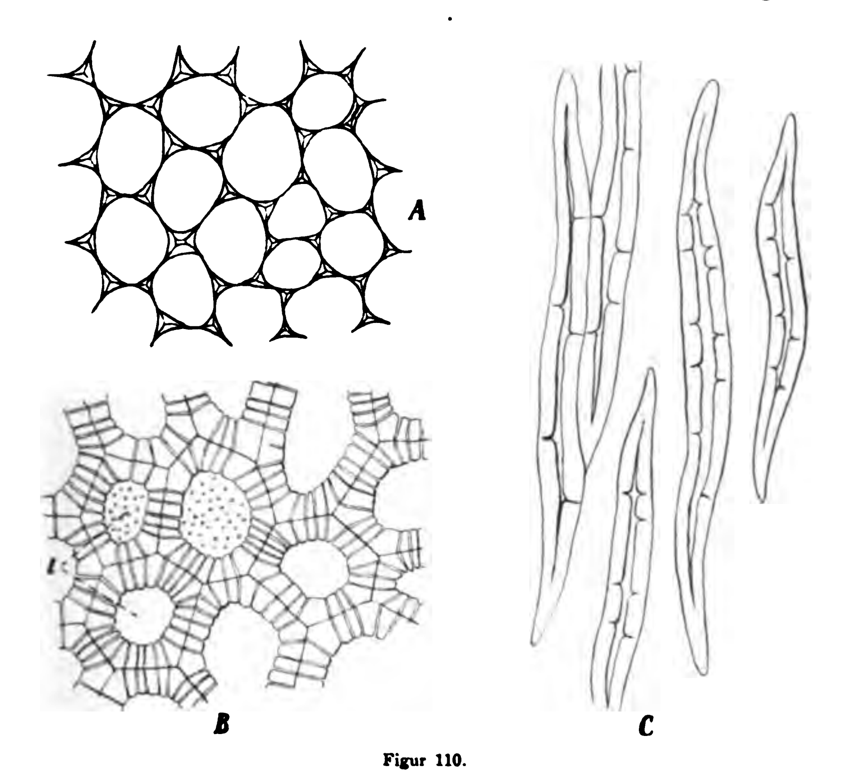


Figur 109.
Abschnitte aus dem Längsschnitt des Sprossgewebes einer dicotylen Pflanze.
A Parenchym, die kurzen Zellen sind mit breiten Flächen aneinander gefügt. **B** Prosenchym, die faserartigen Zellen sind mit spitzen, langausgezogenen Enden zwischen einander eingeschoben. *w* die getüpfelte Zellwand, *l* Hohlraum einer Zelle.

nur in den Winkelkanten hervor, in denen die Wände der benachbarten Zellen auf einander stossen, während die übrigen Flächen dünn bleiben und den Stoffverkehr von Zelle zu Zelle gestatten (Fig. 110 **A**).

In ausgewachsenen Geweben treffen wir dagegen häufig Zellen mit ringsum gleichmässig verdickter, meist getüpfelter Wand, welche meist kein lebendes Protoplasma mehr besitzen. Ein aus solchen Zellen bestehendes Gewebe wird als Sklerenchym bezeichnet. Unter den Sklerenchymzellen lassen sich zwei Formen unterscheiden: die **Steinzellen**, welche parenchymatisch, und die **Sklerenchymfasern**, welche prosenchymatisch sind (Fig. 110 **B** u. **C**).

Gefässe und Tracheiden. — Die Gefässe sind ein charakteristischer Bestandtheil des Gewebes der meisten Angiospermen. Sie stellen lange Röhren dar, welche dadurch entstanden sind, dass in Reihen von übereinanderstehenden Zellen alle Querwände aufgelöst wurden. Ein lebender Inhalt ist in den Gefässen nicht mehr vorhanden, sie enthalten nur Wasser und Luft und können als Reservoire im Pflanzenkörper angesehen werden, aus denen die benachbarten lebenden Zellen im Bedarfsfalle ihr Wasser beziehen. Die Wandung der Gefässe ist verholzt und meistens eigenthüm-



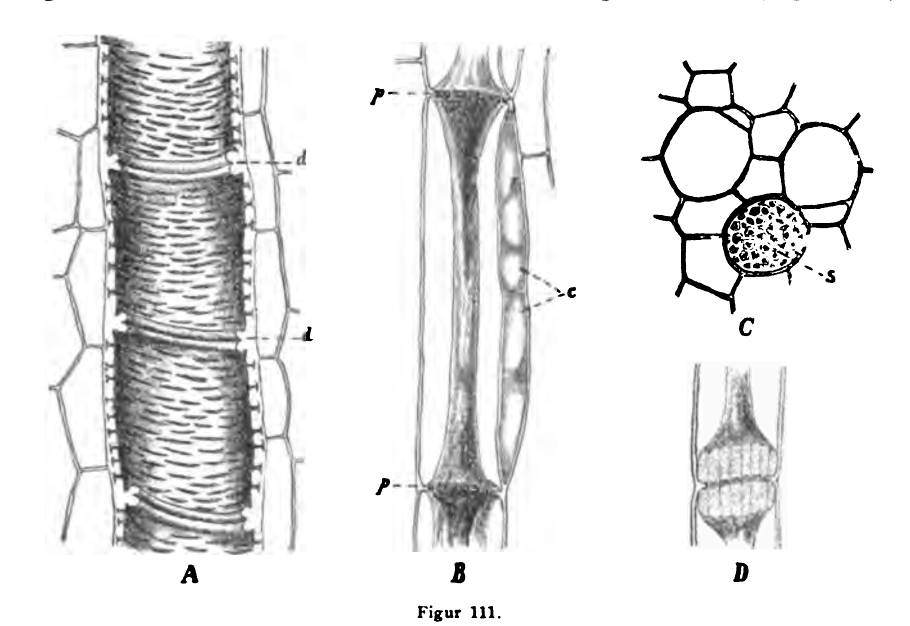
Figur 110.

A Querschnitt durch das Collenchym eines Dicotylenstengels. Die Zellwände sind nur in den Winkelkanten verdickt. Der Zellinhalt ist nicht gezeichnet. **B** Steinzellen von dem Querschnitt der harten Schale eines Kirschkerns. *l* Hohlraum der Zellen. Die Wände der rundlichen Zellen sind stark verdickt und getüpfelt. **C** durch Präparation isolirte Sklerenchymfasern.

lich ausgebildet (Fig. 111 **A**). Zunächst ist an derselben eine Gliederung wahrzunehmen, welche dadurch hervorgerufen wird, dass die Querwand zwischen den einzelnen, an der Gefässbildung betheiligten Zellen nicht vollkommen verschwunden ist, sondern als ein ringförmiges Diaphragma oder auch als eine gitterartig durchbrochene Platte zurückbleibt. Sodann ist eine auffällige Verdickung der Wandflächen zu bemerken, welche als ringförmige Leisten, als Spiralband, als leiterartiges oder netzförmiges Gitterwerk auftritt oder mehr gleichmässig die Wand bekleidet, aber von

zahlreichen gehöften Tüpfeln durchsetzt ist. Man unterscheidet danach Ringgefässe, Spiralgefässe, Treppengefässe, Netzgefässe und Tüpfelgefässe. Bei den meisten Farnen und den Gymnospermen sind keine Gefässe vorhanden, statt derselben treten die Tracheiden ein, prosenchymatische Zellen, welche in der Ausbidung der Wand mit den Gefässen übereinstimmen und wie diese nur Wasser und Luft enthalten.

Siebröhren und Geleitzellen. — Die Siebröhren sind gleichfalls ein charakteristischer Bestandtheil des Gewebes der höheren Pflanzen; sie werden aus prismatischen Zellen gebildet, welche der Länge nach zu Reihen angeordnet und mit breiter Fläche aufeinander gesetzt sind (Fig. 111 **B**).



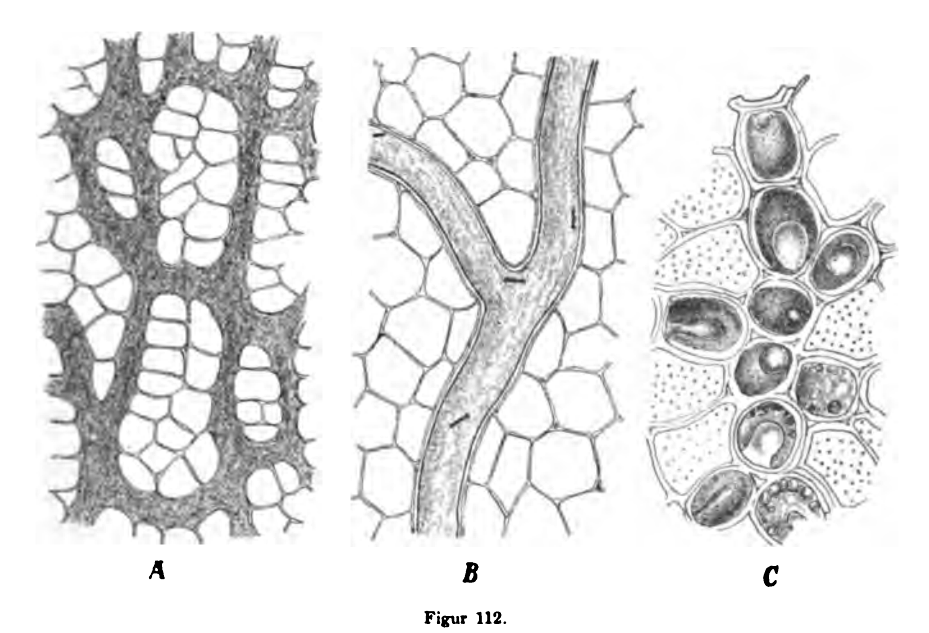
Figur 111.

A Theil eines Gefässes im Längsschnitt, bei *d* die Ueberreste der aufgelösten Querwände. Die Gefässwand ist mit spaltenförmigen Hoftüpfeln versehen. **B** Siebröhre von Cucurbita Pepo im Längsschnitt. Nach Alkoholmaterial. Der Inhalt der Siebröhre ist von der Zellwand zurückgetreten und hat sich in der Mitte der Zelle zu einem dicken Strang zusammengezogen. *p* Siebplatten, *c* Geleitzellen **C** Querschnitt einiger Siebröhren, bei *s* ist eine Siebplatte von der Fläche sichtbar. **D** Siebplatte mit Callus im Längsschnitt.

Die Querwände zwischen den einzelnen Gliedern sind siebartig durchlöchert; man bezeichnet dieselben als Siebplatten (Fig. 111 **C**). Gelegentlich kommen auch an den Längswänden zwischen zwei benachbarten Siebröhren solche Siebplatten zur Ausbildung. Durch die Löcher der Siebplatten hindurch steht der Inhalt der einzelnen Siebröhrenglieder in offener Verbindung. Bisweilen werden die Siebplatten durch die Auflagerung einer Wandverdickung von eigenartiger Beschaffenheit auffällig verändert. Man bezeichnet diese Auflagerung als Callus. Dieselbe verengert die Zugänge zu den Poren der Siebplatte häufig zu engen Kanälchen oder verschliesst dieselben gänzlich (Fig. 111 **D**).

Der Inhalt der Siebröhrenglieder besteht im frischen Zustande aus einem dünnen, der Zellwand anliegenden Protoplasmaschlauch, der eine sehr grosse Vakuole umschliesst, in welcher sich gewöhnlich an dem einen Ende des Gliedes eine Schleimansammlung findet, die sich strangartig mehr oder minder weit in die Mitte des Gliedes hinein fortsetzt.

In Alkohol zieht sich der Inhalt der Siebröhrenglieder von der Längswand zurück und bilden einen von einer Siebplatte zur anderen reichenden Strang, welcher sich mit Jod braungelb färbt. Löst man an einem solchen Präparat durch Schwefelsäure die Zellwand fort, so kann man die durch die Poren der Siebplatten hindurchgehenden Protoplasmastränge als zwischen den Inhaltsmassen der einzelnen Glieder zurück-



Figur 112.

A gegliederte Milchröhren aus der Wurzelrinde von Scorzonera hispanica. **B** Theil einer ungegliederten Milchröhre von Euphorbia splendens. **C** Gerbstoffschläuche aus der Rinde der Eiche (nach Hartig).

bleibende Verbindungsfäden deutlich erkennen. Die Siebröhren besitzen eine verhältnissmässig kurze Lebensdauer; in älteren Pflanzentheilen verlieren sie ihren Inhalt und werden zusammengedrückt. Bei der Ausbildung der Siebröhren wird bei manchen Pflanzen von den zum Siebröhrenglied werdenden Zellen durch eine Längswand eine schmale Zelle abgetrennt, welche sich in eigenartiger Weise weiter entwickelt. Auf diese Weise entstehen in engster Verbindung mit den Siebröhren Reihen schmaler parenchymatischer Zellen mit zarter Wand und dichtem Protoplasmainhalt. Man bezeichnet diese Zellen als Geleitzellen. Ueber ihre Funktion wie über die der Siebröhren hat man eine klare Vorstellung bisher nicht gewinnen können.

Milchröhren. — In dem Gewebe einiger Samenpflanzen treffen wir ein System schlauchförmiger, verzweigter Röhren an, welche eine als Milchsaft bezeichnete, meistens weiss, gelb oder röthlich gefärbte Flüssigkeit enthalten. Die Wand dieser Milchröhren besteht aus reiner Cellulose und ist meistens ziemlich zart; in einzelnen Fällen erreicht sie eine beträchtliche Dicke. Mit Rücksicht auf die Entstehungsweise der Milchröhren werden zwei Arten derselben unterschieden: die **gegliederten** Milchröhren (Fig. 112**A**), welche in ähnlicher Weise wie die Gefässe durch die Auflösung der Querwände aus Zellreihen hervorgegangen sind, und die **ungegliederten** Milchröhren (Fig. 112**B**), welche durch Wachsthum und Verzweigung einer schon in der jungen Pflanze vorhandenen, einzelligen Anlage entstanden sind. Gegliederte Milchröhren kommen z. B. bei den Cichoriaceen und bei vielen Papaveraceen vor, ungegliederte bei den Euphorbiaceen.

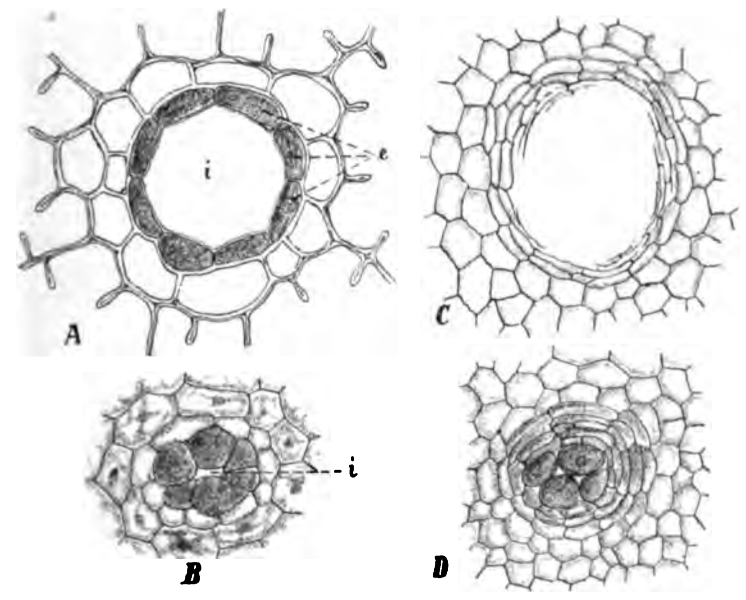
Der Milchsaft besteht aus einer wässerigen Flüssigkeit, in welcher sehr viele kleine Körnchen, der Hauptsache nach Harze und Kautschuk suspendirt sind. Der Milchsaft der Euphorbien enthält ausserdem spindelförmige oder schenkelknochenförmige Stärkekörner. In der Flüssigkeit gelöst sind Gummi, Zucker, geringe Mengen Eiweiss, Gerbstoff, verschiedene Salze und Alkaloide beobachtet worden. Der Milchsaft steht in den Röhren unter Druck und wird bei Verletzungen des Gewebes aus der Wunde ausgepresst. An der Luft gerinnt der Saft schnell und bildet einen provisorischen Wundverschluss, welcher das Eindringen von Pilzsporen verhindert. Ob die im Milchsaft enthaltenen Stoffe zum Theil noch bei der Ernährung der Pflanze eine Rolle spielen, oder ob dieselben ausgeschiedene Endprodukte des Stoffwechsels darstellen, ist noch nicht mit Sicherheit entschieden.

Sekretschläuche. — Kalkkrystalle, Oeltropfen und Gerbstoffe, die gelegentlich als Inhalt beliebiger Zellen auftreten können, sind bei manchen Pflanzen auf bestimmte Zellen beschränkt, welche sich dadurch und häufig auch durch ihre sonstige Ausbildung von den benachbarten Zellen unterscheiden. Hierher gehören die Krystallschläuche, in denen die Einzelkrystalle und die in Schleim eingebetteten Raphidenbündel bei Agave und anderen enthalten sind; ferner die Oelzellen in den Lorbeerblättern, die Gerbstoffschläuche (Fig. 112**C**) u. a. m.

Intercellularräume. — Als Intercellularräume werden die Hohlräume in den Geweben bezeichnet, welche zwischen den Zellen liegen. Dieselben können in verschiedener Weise in dem ursprünglich lückenlosen Gewebe zustande kommen. Sehr häufig sind die Intercellularräume **schizogen,** d. h. dadurch entstanden, dass die aneinander grenzenden Zellen auseinander weichen, indem die gemeinsame Wand zwischen ihnen gespalten wird. Seltener ist die **lysigene** Entstehungsweise, bei welcher durch Auflösung ganzer Zellen in einem geschlossenen Gewebekomplex eine Höhlung gebildet wird. **Rhexigen** endlich nennt man die Intercellularräume, welche durch Zerreissen von Zellwänden zustande kommen. Die grosse Mehrzahl aller Intercellularräume enthält Luft. Die Räume zwischen den einzelnen Zellen stehen unter einander und durch bestimmte Ausgangsöffnungen mit der atmosphärischen Luft in Verbindung und

bilden ein Durchlüftungssystem, durch welches den einzelnen Zellen Athemluft und Kohlensäure zugeführt wird.

Bei einigen Pflanzen kommen neben den luftführenden auch sekrethaltige Intercellularräume vor. Die Harzgänge der meisten Nadelholzgewächse sind z. B. derartige Sekreträume. Dieselben bilden lange Röhren, welche mit zartwandigen Epithelzellen ausgekleidet sind, von denen aus das Sekret in den Intercellularraum abgeschieden wird (Fig 113 A). Aehnliche Sekretgänge finden sich in Spross, Wurzel und Fruchtschale der Umbelliferen und bei anderen mehr. Die Harzgänge sind schizogen. Im jugendlichen Gewebetheile findet man am Querschnitt an der Stelle, welche



Figur 113.

A Querschnitt durch einen Harzgang aus dem Blatt von Pinus austriaca. *i* Intercellularraum, *e* die denselben auskleidenden Epithelzellen. **B** jüngeres Stadium; zwischen den inhaltsreichen Zellen ist der auftretende Harzgang als schmaler Spalt *i* sichtbar. **C** lysigene Oellücke aus der Fruchtknotenwand von Citrus. **D** jüngeres Stadium derselben.

später von einem Harzgang eingenommen wird, eine einzige inhaltsreiche Zelle, welche sich später kreuzweise in vier oder sechs Zellen theilt; diese weichen an der Berührungskante aus einander, so dass ein enger Intercellulargang entsteht, in dem alsbald ein Sekrettropfen auftritt (Fig. 113 B). Später erweitert und rundet sich der Kanal, indem die Zahl der Secernirungszellen durch Theilung vermehrt wird.

Als ein Beispiel lysigener Sekreträume mögen die **Oellücken** der Fruchtknotenwand von Citrus erwähnt sein (Fig. 113 C u. D). In genügend jungen Stadien findet man auf Schnitten rundliche Komplexe inhaltreicher Zellen. Später lösen sich die Zellen zunächst in der Mitte des Komplexes aus ihrem Verbande, indem die Zellwände verschwinden. Aus dem Inhalt

der aufgelösten Zellen geht das Sekret hervor, welches den entstandenen Hohlraum erfüllt. Indem in der Folge immer mehr Zellen der Auflösung anheimfallen, vergrössert sich die Oellücke und die Menge des Sekretes. In Blättern und Früchten anderer Aurantieen, sowie bei den Ruteen und Diosmeen sind ähnliche lysigene Oellücken vorhanden.

c) Eintheilung der Gewebe.

Die im Vorstehenden aufgezählten Formelemente der Gewebe sind im Pflanzenkörper nicht regellos vertheilt, sondern sie sind zu Gewebesystemen mit einander verbunden. Wir unterscheiden bei den höheren Pflanzen leicht zwei Gewebesysteme, das Hautgewebe und die Gefässbündel, welche durch Lage, Bau und Funktion ziemlich scharf von den übrigen Gewebetheilen des Pflanzenkörpers, die wir mit einem gemeinsamen Namen als Grundgewebe bezeichnen, abgegrenzt sind. Das **Hautgewebe** überzieht äusserlich alle Theile des Pflanzenkörpers; es ist durch diese Lage und durch das Vorkommen verkorkter Zellwände oder Wandtheile am besten charakterisirt. Die **Gefässbündel** durchziehen das Innere des Pflanzenkörpers strangartig; nie fehlende Elemente sind Gefässe oder Tracheiden und Siebröhren. Das **Grundgewebe** besteht der Hauptsache nach aus Parenchym in je nach der Funktion veränderter Ausbildung, dem vereinzelt oder in Gruppen andere Formelemente eingefügt sind.

2. Das Hautgewebe.

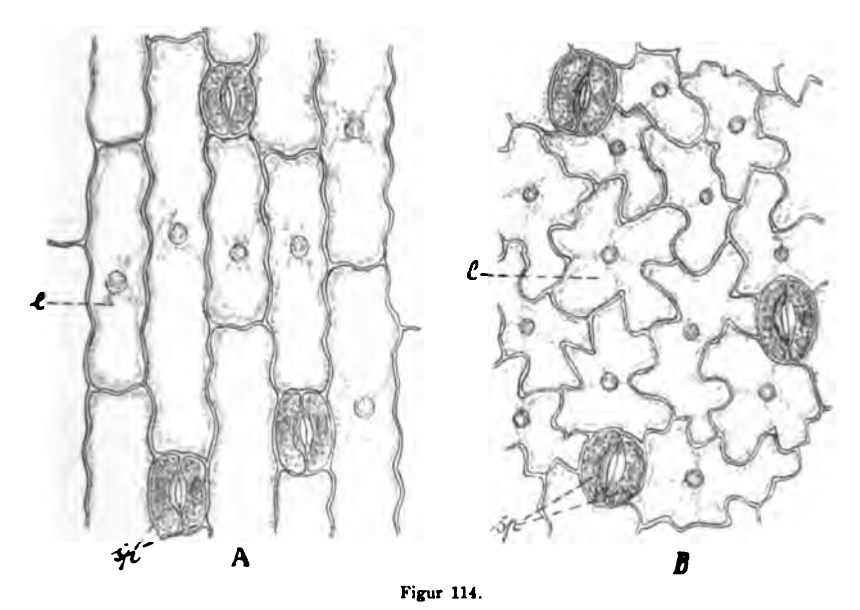
Das Hautgewebe schützt die Pflanzentheile gegen mechanische Verletzung und gegen das Eindringen von Parasiten, ferner vermittelt und regulirt dasselbe die Wasserverdunstung und den Gasaustausch im Pflanzenkörper.

a) Die Epidermis.

Die Blätter und die jugendlichen Spross- und Wurzeltheile der höheren Pflanzen sind von einer gewöhnlich einfachen Schicht von Zellen überzogen, welche eine theilweise verkorkte Aussenwand besitzen und meistens auch durch den Mangel an Chlorophyllkörpern von dem darunter liegenden Gewebe sich unterscheiden. Diese Hautschicht wird als Epidermis bezeichnet. Die **Epidermiszellen** schliessen lückenlos aneinander, nur an bestimmten, mit der Luft in Berührung befindlichen Stellen sind Intercellularräume, die **Spaltöffnungen**, vorhanden, welche von abweichend gebauten Zellen, den Schliesszellen, umgeben sind. Zu der Epidermis sind auch die mannigfaltigen **Haarbildungen** zu rechnen, welche sich auf jugendlichen Pflanzentheilen finden. Bisweilen wird die Epidermis mehrschichtig, indem in den ursprünglich einfachen Epidermiszellen Querwände parallel zur Oberfläche auftreten. Bei anderen Pflanzen wird das Hautgewebe in seiner Funktion von einer oder mehreren angrenzenden Zellschichten unterstützt, welche eine dementsprechende Ausbildung erfahren. Man bezeichnet derartige an der Hautbildung theilnehmende innere Schichten als Hypoderm.

Epidermiszellen. — Die Epidermiszellen enthalten lebendes Protoplasma mit Zellkern, Leucoplasten und wässerigem Zellsaft. Chlorophyll ist meistens nicht vorhanden, nur bei den Schattenpflanzen und bei untergetauchten Theilen der Wasserpflanzen finden sich auch in den Epidermiszellen Chlorophyllkörper vor.

Die Form der Epidermiszellen ist oft an den Theilen derselben Pflanze verschieden. Bisweilen sind die Zellen in der Längsrichtung des betreffenden Pflanzentheiles gestreckt, bisweilen sind die Durchmesser der Epidermiszellen parallel zur Oberfläche annähernd gleich. Die Höhe der Zellen, d. h. ihre Dimension senkrecht zur Oberfläche ist meist geringer als die seitlichen Dimensionen, doch kommt auch der umgekehrte Fall oder



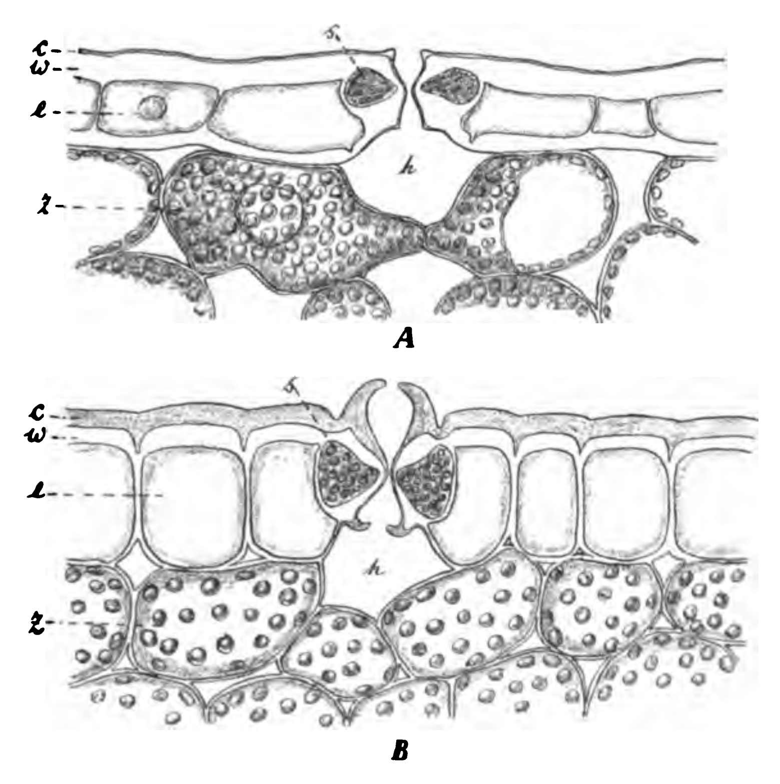
Figur 114.

A Stück der Epidermis der Blattunterseite von Lilium candidum. **B** Stück der Epidermis der Blattunterseite von Ranunculus Ficaria. *e* Epidermiszelle, *sp* Schliesszellen einer Spaltöffnung.

annähernde Gleichheit der Dimensionen nicht selten vor. Die Seitenwände sind bisweilen wellig verbogen, wodurch die Festigkeit des Zellverbandes bedeutend erhöht wird (Figur 114). Die Dicke der Seiten- und Innenwände ist meistens nicht sehr beträchtlich, gewöhnlich sind zahlreiche Tüpfel in den Wänden vorhanden. Im Gegensatz dazu finden wir die Aussenwand häufig stark verdickt, besonders bei Gewächsen, deren Standortsverhältnisse eine Herabsetzung der Wasserverdunstung erfordern. Die äusserste Schicht der Epidermiszellen wird überall von einer Korklamelle, der Cutikula, gebildet, wodurch die Durchlässigkeit der Wand für Wasserdampf verringert oder aufgehoben wird. Häufig sind auch die der Cutikula zunächst liegenden Schichten der Cellulosewand mit Korkstoff mehr oder weniger imprägnirt. An Querschnitten lässt sich die

Cutikula leicht nachweisen. Bei Zusatz von Chlorzinkjod nimmt die Cutikula eine braungelbe, der aus Cellulose bestehende Theil der Wand eine blaue Farbe an; wenn man die Cellulose durch Schwefelsäure zerstört, so bleibt die Cutikula als dünnes Häutchen im Präparat zurück.

Bisweilen ist die Wirkung der Cutikula durch Einlagerung von Wachskörnchen erhöht oder es bildet sich auf der Oberfläche der Cutikula eine Wachsausscheidung, die entweder nur als zarter, bläulicher Reif



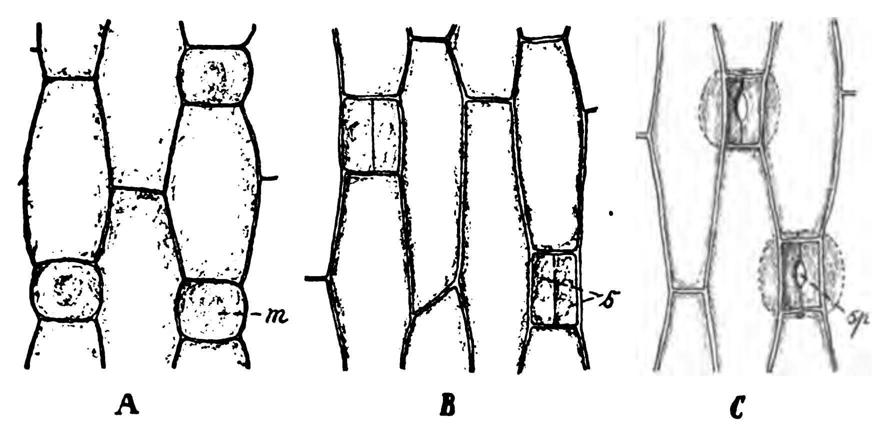
Figur 115.

A Theil eines Querschnittes des Blattes von Tulipa Gessneriana. **B** Theil eines Querschnittes des Blattes von Clivia nobilis. *e* Epidermiszelle, *c* Cuticula, *w* der aus Cellulose gebildete Theil der Zellwand, *s* Schliesszelle der Spaltöffnung, *z* Zellen des inneren Blattgewebes, *h* Athemhöhle.

erscheint wie bei unsern Zwetschen und bei den Blättern mancher Sedumarten, oder eine mächtigere Ausbildung gewinnt und in dichter, aus Körnchen oder Stäbchen gebildeter Schicht die Oberfläche bedeckt. Der Wachsüberzug macht die Pflanzentheile zugleich unbenetzbar.

Spaltöffnungen. — Die Kommunikation des Innern der jungen Pflanzentheile mit der Atmosphäre wird durch die Spaltöffnungen vermittelt. Jede Spaltöffnung besteht aus zwei im Verbande mit den Epidermiszellen stehenden Schliesszellen, zwischen denen sich eine Spalte als Eingangs-

öffnung in das Innere des Gewebes befindet (Fig. 114). Unterhalb der Spaltöffnung befindet sich im Gewebe meist eine grössere Intercellularlücke, welche als Athemhöhle bezeichnet wird (Fig. 115). Die Schliesszellen besitzen lebendes Protoplasma mit Zellkern und Chlorophyllkörpern und enthalten gewöhnlich viele Stärke. Sie haben von oben gesehen meistens Bohnenform; an ihren beiden Enden sind sie fest mit einander verwachsen, während der mittlere Theil der Berührungsseite an die Spalte grenzt. Auf dem Querschnitt erkennt man, dass die Zellwand an den verschiedenen Seiten ungleich stark verdickt ist. Häufig sind oberhalb und unterhalb des eigentlichen Spalteneinganges leistenförmige Vorsprünge an den Zellen vorhanden, welche auf dem Querschnitt als Zacken oder Hörnchen erscheinen (Fig. 115). Die Cutikula der Epidermis setzt sich über die Oberfläche der Schliesszellen meist bis in die Athemhöhle hinein fort. Die ungleichmässige Ausbreitung der Verdickungsschichten bewirkt, dass die Form der Schliesszellen verändert wird, wenn der durch den Inhalt auf die Wand ausgeübte Druck sich ändert. Sind die Zellen mit Wasser reich-



Figur 116.

Entwickelung der Spaltöffnungen in der Epidermis des Blattes der Schwertlilie. **A** jüngstes Stadium; zwischen den gestreckten Epidermiszellen liegen die kurzen, inhaltsreichen Spaltöffnungsmutterzellen *m*. **B** durch eine zarte Längswand sind die Mutterzellen in zwei Zellen *s*, die späteren Schliesszellen der Spaltöffnung getheilt. **C** durch Spaltung der Längswand ist die Spalte *sp* zwischen den Schliesszellen entstanden.

lich versehen, so sind sie stark gekrümmt; die Ränder der Spalte sind möglichst weit aus einander gerückt und lassen einen weiten Zugang zu der Athemhöhle und zum Blattinnern offen, so dass Wasserdampf ungehindert austreten kann. Wird das Wasser durch Verdunstung allmählich vermindert, so strecken die schlaffwerdenden Zellen sich mehr und mehr gerade, die Ränder der Spalte rücken ganz nahe an einander und vermindern, indem sie dem Wasserdampf den Ausweg erschweren, die Verdunstung.

Die den Schliesszellen unmittelbar benachbarten Zellen sind bei manchen Pflanzen anders gebaut als die übrigen Epidermiszellen und

werden dann als Nebenzellen bezeichnet. Sie stellen meistens Uebergangsformen zwischen den gewöhnlichen Epidermiszellen und den Schliesszellen dar und wirken in manchen Fällen mit bei dem Oeffnen und Schliessen der Spalte.

Die Spaltöffnungen finden sich hauptsächlich nur an solchen Pflanzentheilen, welche mit der Luft in unmittelbarer Berührung stehen. Bei den Wasserpflanzen sind die untergetauchten Theile ganz oder fast ganz ohne Spaltöffnungen, die Schwimmblätter haben dieselben auf ihrer Oberfläche. Bei den Landpflanzen ist dagegen die Zahl der Spaltöffnungen meist auf der Blattunterseite grösser als auf der Oberseite.

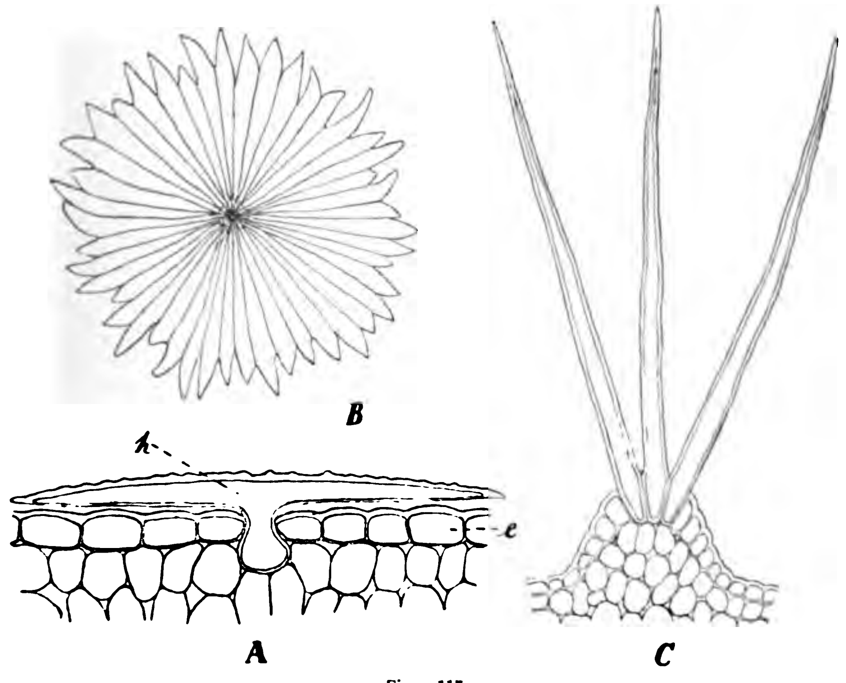
Die Spaltöffnungen werden schon früh an dem jungen Blatte angelegt. Bei den Blättern von Iris (Fig. 116) erkennt man schon frühzeitig zwischen den mehr gestreckten Epidermiszellen einzelne kurze, inhaltsreiche Zellen als die Mutterzellen der Spaltöffnungen. Die Mutterzellen theilen sich später durch eine Längswand. Die beiden Tochterzellen werden zu Schliesszellen, zwischen denen durch Spaltung der Trennungswand die Eröffnung der Spalte erfolgt.

Neben den Spaltöffnungen, welche die Ausgänge der lufthaltigen Intercellularräume darstellen, finden sich bei vielen Pflanzen ähnliche Spaltöffnungen, welche zur Ausscheidung von Wassertropfen eingerichtet sind. Dieselben werden als **Wasserspalten** bezeichnet. Sie unterscheiden sich von den Luftspalten hauptsächlich durch ihre Grösse und durch die Unbeweglichkeit der Schliesszellen. Die Wasserspalten liegen meist in der Nähe des Blattrandes über den Gefässbündelendigungen; der Intercellularraum der Spalte steht mit den luftführenden Intercellularräumen nicht in direkter Verbindung.

Haarbildungen — Indem einzelne Epidermiszellen oder Gruppen derselben über die Oberfläche emporwachsen, entstehen Trichome, d. h. Haare oder haarähnliche Gebilde, welche die Oberfläche der meisten jungen Pflanzentheile mehr oder minder dicht bedecken. In vielen Fällen bleiben die zu Haaren auswachsenden Epidermiszellen ungetheilt, die Haare sind also einzellig. In anderen Fällen treten Theilungswände auf, so dass Zellreihen oder gar Zellflächen und Zellkörper entstehen. Die äussere Gestalt der Haare ist häufig kegelförmig oder cylindrisch; nicht selten kommen Verzweigungen vor und zwar können, wie das Beispiel von Cheiranthus Cheiri (Fig. 117 **A**) beweist, auch einzellige Haare verzweigt sein. Bisweilen geht die Verzweigung des Haargebildes schon von der zum Haar auswachsenden Epidermiszelle aus. So werden z. B. bei Althaea rosea die Trichommutterzellen noch bevor sie über die Epidermis hervortreten in zwei, drei, vier oder mehr gleichwerthige Zellen getheilt, die zu kegelförmigen Haaren auswachsen. Man bezeichnet diese Haarbildungen als Büschelhaare (Fig. 117 **C**). Zu den verzweigten Haaren sind auch die Sternhaare zu rechnen, bei denen vom oberen Ende eines wenig über die Epidermis hervortretenden, mehrzelligen Stieles eine grössere Anzahl von Seitenzweigen parallel zur Oberfläche des Pflanzentheiles nach allen Richtungen hin ausstrahlt. Oft sind diese Strahlen dicht gedrängt und seitlich mit einander verwachsen, wie es z. B. bei den Schuppenhaaren von Hippophaë (Fig. 117 **B**) der Fall ist.

An ihrem oberen Ende sind die Haare und ihre Aeste meist spitz ausgezogen, bisweilen ist jedoch sowohl bei einzelligen als bei mehrzelligen Haaren das obere Ende abgerundet oder kopfig verdickt.

Im jugendlichen Zustande enthalten die Zellen der Haare selbstverständlich lebendes Protoplasma, bei manchen Haargebilden bleibt der lebende Inhalt dauernd erhalten, bei anderen geht er bald zu Grunde und an seine Stelle tritt Luft in den Hohlraum der Haare ein. Die Lebensdauer der Haare ist sehr verschieden, während bei einzelnen Pflanzen



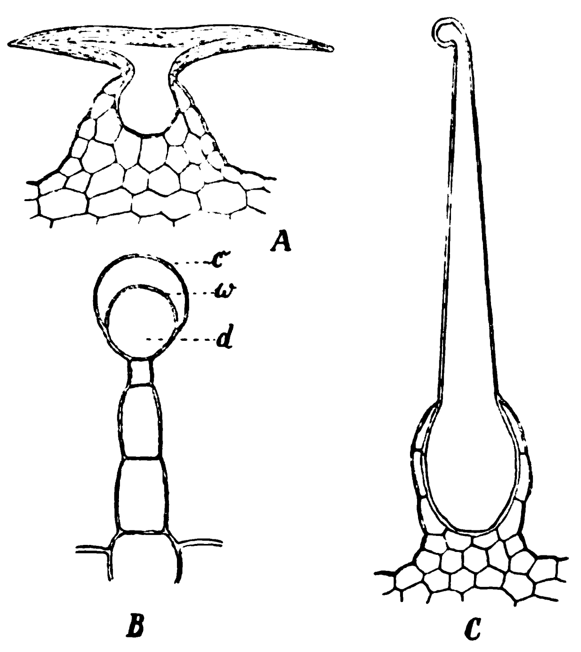
Figur 117.

A Stück vom Längsschnitt des Blattes von Cheiranthus Cheiri. *e* Epidermis, *h* einzelliges, zweiarmiges Haar, welches mit einem kurzen Stiel zwischen den Epidermiszellen eingefügt ist. **B** Sternhaar von Hippophaë rhamnoides von oben gesehen. **C** Schnitt durch die Basis eines Büschelhaares von Althaea rosea.

die Haare für die ganze Lebenszeit der Epidermis erhalten bleiben, sind bei andern die ganz jugendlichen noch nicht ausgewachsenen Theile mit Haaren bedeckt, welche später abgeworfen werden, so sind z. B. die Blätter der Buchen in der frühen Jugend silberhaarig, im ausgewachsenen Zustande aber völlig kahl.

Manche Haarbildungen haben für die Lebensverrichtungen der Pflanze eine leicht erkennbare Bedeutung, man kann nach der Funktion verschiedene Trichomarten unterscheiden, von denen einige häufiger auftretende im Folgenden kurz besprochen werden sollen.

Als **Wollhaare** bezeichnet man lange cylindrische mit Luft erfüllte Haare, welche in dichtem Filz die Oberfläche der Epidermis überziehen. Sie bilden ein Mittel zur Herabsetzung der Wasserverdunstung in der Pflanze, indem sie über der Epidermis ein System ruhender Luftschichten abschliessen, durch welches die Abgabe des Wasserdampfes an die Atmosphäre nur langsam erfolgen kann. Eine gleiche Function werden die Schuppenhaare und die Sternhaare erfüllen, deren Form oben beschrieben worden ist.



Figur 118.

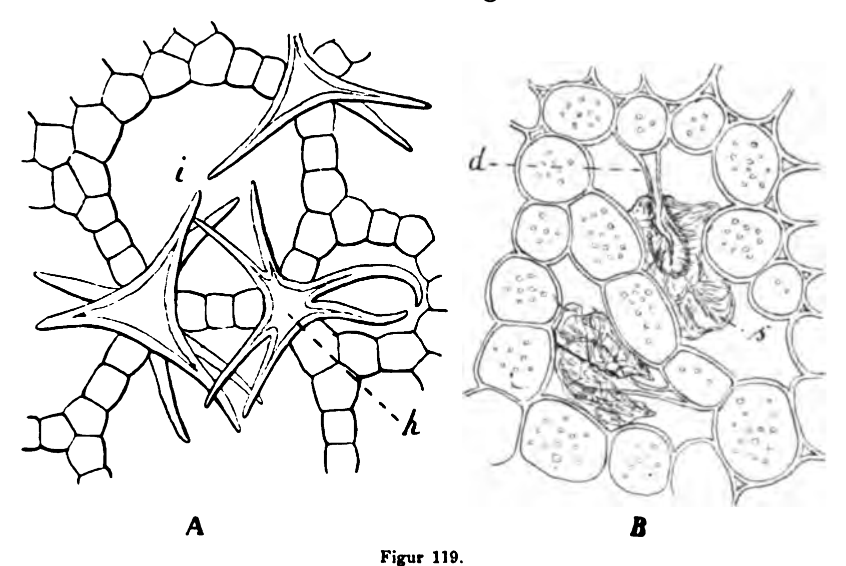
Verschiedene Haarformen im optischen Längsschnitt. **A** Klimmhaar des Hopfens. **B** Drüsenhaar von Primula sinensis. *d* Die das Oel abscheidende Endzelle des Haares. An der oberen Hälfte derselben ist die Cuticula *c* von der Cellulosewand *w* abgehoben, der Hohlraum zwischen den beiden Wandschichten enthält das abgeschiedene Oel. **C** Brennhaar der Nessel. Die Haarzelle steckt mit ihrem unteren keulenförmigen Ende in einer von den benachbarten Epidermiszellen gebildeten Tasche.

An den Sprossen des Hopfens stehen zahlreiche zweiarmige Haare mit sehr fester Wand. Dieselben haken sich leicht in die Unebenheiten der Gegenstände ein, mit denen die Sprosse in Berührung kommen. Sie unterstützen dadurch den windenden Spross der Pflanze, indem sie denselben an der umschlungenen Stütze befestigen. Man bezeichnet diese hakenförmigen Haare, die sich auch noch bei andern Pflanzen finden, als **Klimmhaare** (Fig. 118 **A**).

Die **Drüsenhaare**, welche bei sehr vielen Pflanzen, z. B. bei den Labiaten, den Primeln, den Pelargonien u. a. m. sich finden, sondern Sekrete, meistens ätherische Oele ab. Auf kürzerem oder längerem cylindrischen Stiel ist bei ihnen eine kugelförmige Endzelle oder Zellgruppe vorhanden, welche das Sekretionsorgan darstellt (Fig. 118 **B**). Das Sekret wird in der Zellwand und zwar zwischen der Cuticula und der Cellulosemembran der Aussenwand abgelagert. Indem die Menge des Sekretes sich allmählich vergrössert, wird die Cuticula mehr und mehr von der Zelle abgehoben, bis sie endlich zerreisst und das Sekret entlässt. Den Drüsenhaaren sind die Leimzotten in ihrer Function ähnlich. Sie bilden schuppenartige Zellflächen oder Zellkörper, welche aber ebenfalls aus einzelnen Epidermiszellen hervorgegangen sind. Leimzotten kommen an den Winterknospen mancher Bäume,

z. B. der Rosskastanie, vor. Das harzige Sekret derselben überzieht beim Austreiben der Knospen die jugendlichen Blätter und schützt dieselben gegen zu starke Wasserverdunstung.

Als Schutzorgane gegen Thierfrass sind die **Brennhaare** anzusehen, welche ausser bei andern Pflanzen bei den einheimischen Brennnesseln in typischer Ausbildung auftreten (Fig. 118 C). Die Brennhaare sind einzellig und kegelförmig. Ihre Basis ist stark angeschwollen und steckt in einer von den umgebenden Epidermiszellen gebildeten Tasche. Das obere allmählich verjüngte Ende schliesst mit einem kugelförmigen Knöpfchen ab. Die Zellwand ist gegen die Spitze des Haares hin verkieselt und in Folge dessen sehr zerbrechlich. Bei der Berührung der mit Brennhaaren besetzten



Figur 119.

Innere Haare **A** aus dem Querschnitt des Sprosses von Limnanthemum cristatum. *i* grosser Intercellularraum. *h* vielarmige Haarzelle, deren Arme in verschiedene Intercellularräume hineinreichen, **B** aus dem Längsschnitt durch eine Blattbasis von Aspidium Filix mas (nach Tschirch). *d* innere Drüsenhaare, deren Kopf mit dem erhärteten Sekret *s* überzogen ist.

Pflanzentheile bricht die Spitze der in die Haut eindringenden Brennhaare ab, der Ameisensäure enthaltende Zellsaft fliesst aus und erzeugt das lästige Jucken der unsichtbaren Verletzungen.

Gleichfalls zum Schutz gegen Thierfrass bisweilen aber auch als Haft- und Klimmorgane dienen die **Stacheln**, für welche wir bei den Rosen und Brombeeren typische Beispiele finden. Die Stacheln sind feste, holzharte Zellkörper, welche mit breiter Basis den Pflanzentheilen aufsitzen, nach oben hin sich schnell verschmälern und in einer scharfen, bisweilen hakenförmig gekrümmten Spitze endigen. Sie sind, wie ihre Entwickelungsgeschichte lehrt, aus Epidermiszellen durch Wachsthum und Zelltheilung hervorgegangen und unterscheiden sich dadurch wesentlich von den Dornen, die durch Umwandlung von Sprossen und Blättern entstehen.

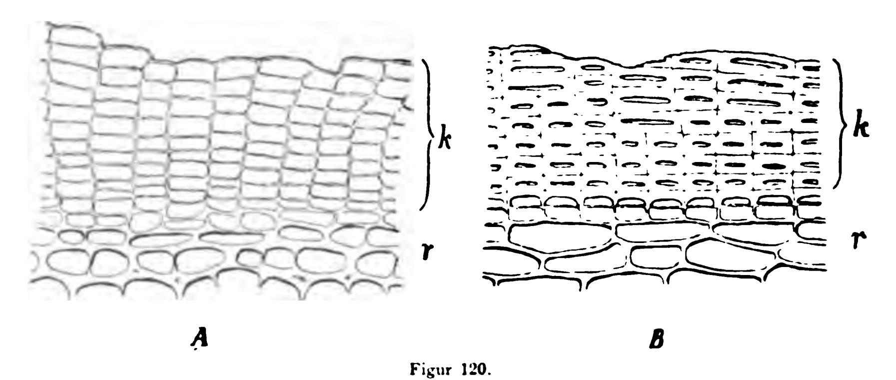
Die langen Haare, welche aus der Samenschale mancher Pflanzen entspringen, z. B. die Wollhaare am Samen der Baumwollenpflanze, der Pappeln und Weiden (Fig. 2 **B**) bilden einen **Flugapparat**, welcher die Verbreitung des Samens durch den Wind ermöglicht.

Endlich sind auch die aus der Epidermis der jungen Wurzeltheile entspringenden **Wurzelhaare** (Fig. 22) hier zu erwähnen, welche, wie früher gezeigt worden ist, als Aufnahmeorgane für Wasser und Nährstoffe dienen.

Es kommen bei den Pflanzen, wenn auch vereinzelt, Haarbildungen vor, welche nicht der Epidermis angehören, dieselben werden als innere Haare bezeichnet. Einige Beispiele (Fig. 119) mögen hier anhangsweise Erwähnung finden. Bei manchen Wasserpflanzen, z. B. den Seerosen, finden wir im Innern des Sprosses und des Blattes einzelne Parenchymzellen zu geweihartig verzweigten Haaren ausgewachsen, welche in die weiten Intercellularräume hineinragen. In dem Rhizom des Wurmfarns Aspidium Filix mas tritt eine andere Art innerer Haare auf, es sind Drüsenhaare, welche sich als Auswüchse einzelner Parenchymzellen in den Intercellularräumen entwickeln. Eine Cutikula ist bei ihnen nicht vorhanden, das Sekret tritt frei an der Aussenseite des kopfigen Zellendes hervor.

b) Das Korkgewebe.

An ausdauernden Pflanzentheilen, welche in die Dicke wachsen, geht die Epidermis mit allen zu ihr gehörenden Bildungen früher oder später zu Grunde. An ihrer Stelle finden wir dann eine mehr oder minder mächtige graue oder bräunliche Gewebeschicht, deren Zellwände verkorkt sind und deren äusserste Zellen meist Luft enthalten. Diese die älteren Pflanzentheile



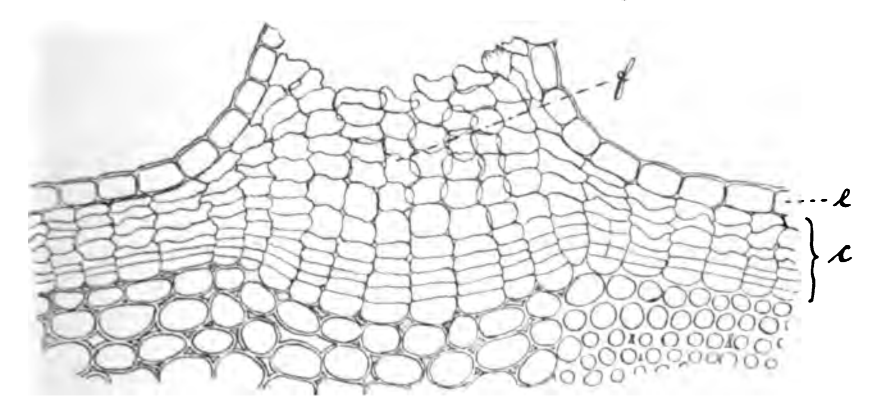
Figur 120.

A Querschnitt durch die äussere Rinde von Rhamnus Frangula. **B** Querschnitt durch die äussere Rinde von Cytisus Laburnum. *k* Korkschicht, *r* Rindenparenchym. Der Zellinhalt ist nicht gezeichnet.

umhüllende Gewebeschicht wird als **Kork** oder als **Periderm** bezeichnet. Die Korkzellen sind ziemlich gleichmässig tafelförmig und in regelmässigen radialen Reihen angeordnet (Fig. 120). Sie schliessen, wie die Epidermiszellen, lückenlos aneinander und bilden dadurch sowie durch die Beschaffenheit ihrer Wände und durch den Luftgehalt für die Pflanzentheile eine schützende

Hülle gegen mechanische Verletzung, gegen das Eindringen von Parasiten, gegen Wärmeverlust und gegen Wasserverdunstung. In manchen Fällen ist die Wand der Korkzellen nur dünn, bisweilen, z. B. bei Cytisus Laburnum, erreicht sie dagegen eine beträchtliche Dicke und man kann dann mit Hülfe geeigneter Reagentien erkennen, dass die Wand aus mehreren Schichten von verschiedener Beschaffenheit besteht. Die Mittellamelle ist verholzt, jederseits grenzt an dieselbe eine breitere verkorkte Schicht, welche nach dem Zellinnern zu von einer Lamelle aus reiner Cellulose überkleidet ist.

Die Korkschicht, welche die älteren Pflanzentheile umgiebt, ist an bestimmten Stellen von Durchlassöffnungen, den Rindenporen oder Lenticellen, durchbrochen (Fig. 121). Die Lenticellen sind eng umschriebene Partieen des Periderms, in welchen die Zellen nicht lückenlos aneinander schliessen, sondern abgerundet sind und Intercellularräume zwischen sich lassen, welche sich als Luftkanäle in radialer Richtung bis in das Innere des



Figur 121.

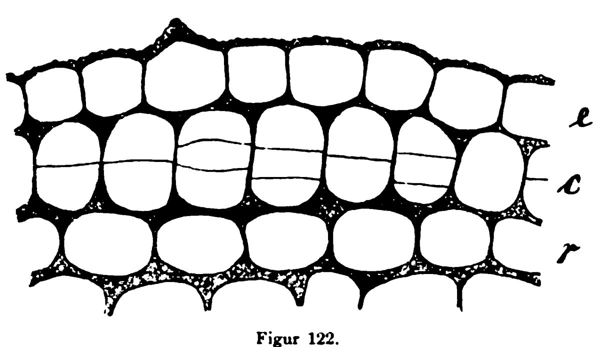
Lenticelle im Kork des Sprosses von Sambucus nigra. *e* Epidermis, *c* Korkschicht, *f* Füllzellen.

Pflanzentheiles fortsetzen und das Intercellularsystem desselben mit der atmosphärischen Luft in Verbindung bringen. Die Zellen der Rindenporen werden Füllzellen genannt; sie unterscheiden sich von den Korkzellen ausser durch ihre lockere Verbindung wesentlich dadurch, dass sie lange Zeit einen lebenden Plasmainhalt und eine zarte unverkorkte Wand besitzen.

Die Entstehung des Korkgewebes an den älteren Pflanzentheilen geht in der Regel von einer unterhalb der Epidermis, bisweilen etwas tiefer im Gewebe liegenden Zellschicht aus, nur selten bilden die Zellen der Epidermis selber den Ursprung. Im ersten Anfangsstadium sieht man in den betreffenden Ursprungszellen Querwände parallel zur Oberfläche des Pflanzentheiles auftreten (Fig. 122). Die so entstandenen Tochterzellen vergrössern sich durch Wachsthum und je eine derselben theilt sich fortgesetzt durch gleichgerichtete Theilungswände. Auf diese Weise geht aus jeder dieser Zellen nach aussen hin eine radiale Zellreihe hervor, deren Zellwände verkorken und deren Zellinhalt später durch Luft ersetzt wird. Die Schicht

der sich fortgesetzt theilenden Zellen wird als **Korkcambium** oder **Phellogen** bezeichnet. Bei den meisten Pflanzen werden von den Zellen des Korkcambiums nicht nur nach aussen sondern auch nach dem Innern des Pflanzenkörpers hin neue Zellen abgeschnitten. Die dadurch entstehenden Zellschichten, welche **Phelloderm** genannt werden, schliessen sich in ihrer Ausbildung den Zellen des nach innen zu unmittelbar an sie grenzenden Grundgewebes an; ihre Wände bleiben unverkorkt.

Durch die Ausbildung der Korkschicht unterhalb der Epidermis wird die letztere von dem Zusammenhang mit dem lebenden Gewebe des Pflanzentheiles abgeschnitten nnd geht zu Grunde. Entsteht das Korkcambium in tieferen Schichten der Rinde, so werden dadurch alle weiter aussen gelegenen Rindentheile zum Absterben gebracht und endlich als **Borke** abgeworfen. Bei manchen Holzpflanzen, z. B. der Buche, bleibt das zuerst auftretende Korkcambium dauernd erhalten und erzeugt fortgesetzt neue Korkzellen.



Figur 122.

Beginnende Korkbildung in der Zellschicht unter der Epidermis des Sprosses von Habrothamnus corymbosus. *e* Epidermis, *c* Zellschicht, aus welcher der Kork hervorgeht, *r* parenchymatische Rindenzellen.

Bisweilen erreicht die Korkschicht eine beträchtliche Dicke; bekannt ist die mächtige Korkbildung bei der Korkeiche, Quercus suber, welche den Flaschenkork liefert. Bisweilen werden aber die äussersten Korkzellen in dem Masse abgestossen, wie von innen her ein Zuwachs erfolgt, so dass, wie es z. B. bei der Buche ist, auch im hohen Alter die Korkschicht nicht viel mächtiger erscheint als in den ersten Lebensjahren. Die meisten Holzgewächse bilden später von Zeit zu Zeit in tiefer gelegenen Rindenschichten neue Korklagen aus; alles ausserhalb derselben gelegene Gewebe stirbt ab und wird zur Borke. Bei den Arten, deren erste Korkschicht in tiefer gelegenen Zellschichten der Rinde angelegt wurde, treten auch die späteren Korklagen als zusammenhängende Schicht in tieferen Rindenschichten auf, so dass also jedesmal ein mantelförmiger Theil der Rinde abgeschnitten und der Borke hinzugefügt wird. Man bezeichnet diese Borkenbildung als **Ringelborke**. Bei den Arten, deren erste Korkschicht an der Oberfläche angelegt wurde, schneiden die später auftretenden Korkschichten, indem sie mit ihrem Rande sich an die äusserste Korklage ansetzen, nur kleinere schuppenförmige Stücke aus der Rinde heraus, die so gebildete Borke wird **Schuppenborke** genannt, ein Beispiel bietet die Platane.

Kork tritt bisweilen auch als Verschluss von Verletzungen besonders an saftreichen Theilen des Pflanzenkörpers auf. Wenn z. B. ein Blatt verwundet wird, so werden von den an die Wunde grenzenden unverletzten Zellen einige tafelförmige Zellen durch Wände abgetrennt und zu Kork-

zellen ausgebildet, ebenso bildet sich an einer zerschnittenen Kartoffel auf der Schnittfläche eine dünne Korkschicht als Wundverschluss aus. Auch die Narben, welche durch das Abfallen der Blätter an unsern Laubbäumen entstehen, sind durch Korkgewebe verschlossen, dessen Zellen schon vor der Ablösung des Blattes angelegt wurden.

3. Das Grundgewebe.

Das Grundgewebe füllt den Raum zwischen dem Hautgewebe und den Gefässbündeln der Pflanzentheile aus. In den Sprossen mancher höheren Pflanzen, in denen die Gefässbündel zn einem Netzwerk von cylindrischer Gestalt verbunden sind, wird durch den Gefässbündelcylinder das Grundgewebe in zwei Theile getrennt (Fig. 123). Der centrale Strang im Innern des Cylinders wird als **Mark** bezeichnet, die mantelförmige Grundgewebemasse, welche den Raum zwischen dem Gefässbündelcylinder und dem Hautgewebe ausfüllt, heisst **primäre Rinde** oder **Aussenrinde**. Die Grundgewebepartieen, welche durch die Maschen des Gefässbündelcylinders hindurch die Verbindung zwischen der primären Rinde und dem Mark herstellen, werden **Markverbindungen** genannt. In Pflanzentheilen, in denen die Gefässbündel zu einem centralen Strang zusammentreten, kann natürlich kein Mark, sondern nur Aussenrinde als Grundgewebe vorhanden sein.

Figur 123.

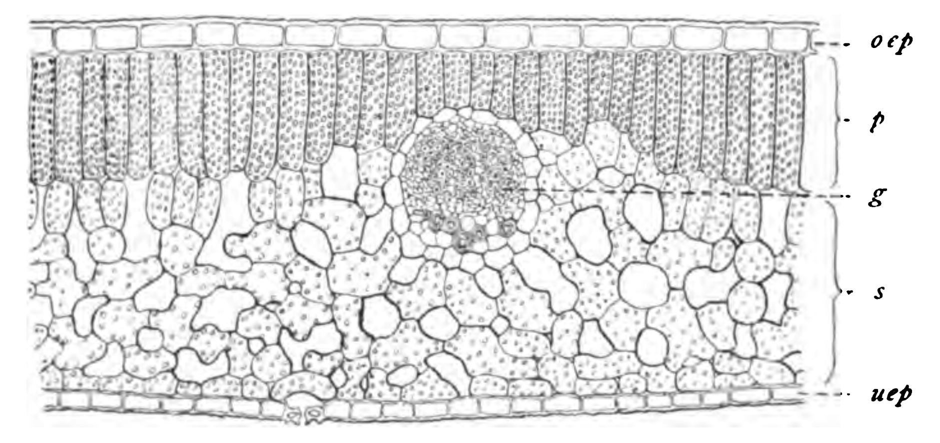
Schematischer Querschnitt eines Sprosses, welcher die Anordnung der Gewebesysteme zeigt. *e* Das Hautgewebe, *g* die Gefässbündel. Der weissgelassene Theil des Querschnittes wird vom Grundgewebe eingenommen. *m* Mark, *r* Rinde, *v* Markverbindung.

Das Grundgewebe besteht gewöhnlich zum grössten Theil aus parenchymatischen Zellen verschiedener Ausbildung, indess kommen auch prosenchymatische Elemente in grösserer Menge vor. Man kann nach der Art der physiologischen Leistungen verschiedene Gewebesysteme im Grundgewebe unterscheiden, von denen das Assimilationsgewebe, das Speichergewebe und das Festigungsgewebe die wichtigsten sind und im Folgenden eingehender besprochen werden sollen. Die Sekretbehälter, welche häufig einen Bestandtheil des Grundgewebes darstellen, die Milchsaftschläuche, Harzgänge, Oellücken, Krystallzellen u. s. w. sind in der Regel nicht zu beträchtlichen Gewebemassen mit einander verbunden, sondern mehr vereinzelt zwischen die übrigen Elemente des Grundgewebes eingestreut.

Das Assimilationsgewebe. — Die Zellen des Assimilationsgewebes sind durch den Chlorophyllgehalt scharf charakterisirt, da die Assimilation nur bei Durchleuchtung der chlorophyllhaltigen Zellen erfolgt, so findet

sich das Assimilationsgewebe nur an denjenigen Stellen des Pflanzenkörpers, welche dem Lichte zugänglich sind, d. h. nahe der Oberfläche in der Regel unmittelbar unterhalb des Hautgewebes. In den Sprossen der Pflanzen sind dementsprechend nur die äussersten Lagen der primären Rinde als Assimilationsgewebe ausgebildet und sobald die Epidermis der Sprosse durch eine dickere Korkschicht ersetzt wird, ist das Assimilationsgewebe ausser Funktion gesetzt. Dünne, flächenförmige Pflanzentheile dagegen, wie die meisten Laubblätter, bestehen zum grössten Theil aus chlorophyllhaltigen Zellen.

Das Assimilationsgewebe wird ausschliesslich von parenchymatischen Zellen gebildet, zwischen denen luftführende Intercellularräume vorhanden sind. In den Blättern sind häufig die Zellen des Assimilationsparenchyms nach ihrer Lage zum einfallenden Licht verschiedenartig ausgebildet (Fig. 124).



Figur 124.

Theil des Blattquerschnittes von Ligustrum coriaceum. *o ep* Epidermis der Blattoberseite. *p* Pallisadenparenchym, *g* Gefässbündelquerschnitt, *s* Schwammparenchym, *u ep* Epidermis der Blattunterseite.

An der dem Licht zugekehrten Oberseite des Blattes sind die mit zahlreichen Chlorophyllkörpern versehenen Zellen senkrecht zur Blattfläche gestreckt und besitzen also eine prismatische oder cylindrische Gestalt, sie schliessen zu einem dichten Lager zusammen und lassen meist nur an den Längskanten schmale Luftkanäle zwischen sich frei. Man bezeichnet diese Ausbildungsform des Assimilationsgewebes als Pallisadenparenchym. An der Blattunterseite dagegen sind weite Intercellulargänge zwischen den mehr rundlichen oder unregelmässig gestalteten Chlorophyllzellen vorhanden. Diese Gewebeform wird als Schwammparenchym bezeichnet.

Die Zellen des Schwammparenchyms sind verhältnissmässig arm an Chlorophyllkörpern, darauf und auf dem reichen Luftgehalt des Gewebes beruht die bleichgrüne Färbung, welche die Unterseite mancher Laubblätter von der kräftig grünen Oberseite unterscheidet. Neben den bifacialen Blättern mit verschieden gebauter Ober- und Unterseite kommen, wenn

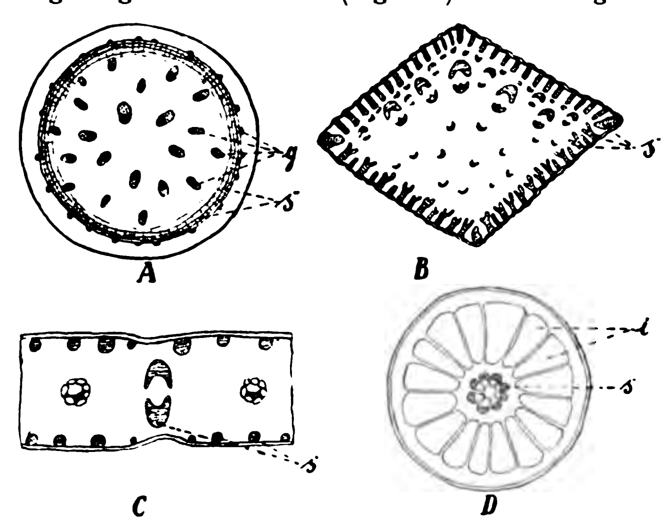
auch seltener, isolaterale und centrisch gebaute Blätter vor, bei denen ringsherum Pallisadenparenchym vorhanden ist, oder bei denen das ganze Assimilationsgewebe von Schwammparenchym gebildet wird.

Das Speichergewebe. — Wie das Assimilationsgewebe durch seinen Chlorophyllgehalt, so ist das Speichergewebe durch den Gehalt an Reservenahrungsstoffen, Stärke, Aleuron, Reservecellulose u. s. w. charakterisirt. Seiner Function entsprechend, finden wir das Speichergewebe stets als vorwiegenden Bestandtheil aller Reservestoffbehälter, der Wurzelknollen, der Sprossknollen, des Samenendosperms, mancher Cotyledonen u. a. m,, aber auch in den Sprossachsen der nicht metamorphosirten Pflanzentheile und in den Blättern ist Speichergewebe ausgebildet. Es besteht meist aus polyedrischen Parenchymzellen, zwischen denen die Intercellularräume nur sehr schwach entwickelt sind oder gänzlich fehlen. In den Laubblättern besteht das Speichergewebe oft nur aus einer einfachen Schicht von Parenchymzellen, welche die Gefässbündel überkleidet, sie wird als Stärkescheide bezeichnet und stellt zugleich die Leitbahn dar, in welcher die im Blatt erzeugten Assimilationsproducte von Zelle zu Zelle in den Spross hinabwandern.

Zum Speichergewebe muss auch das wasserreiche Parenchym gerechnet werden, welches das Innere succulenter Pflanzentheile erfüllt und ein Wasserreservoir darstellt, aus welchem in Zeiten der Trockenheit die übrigen Gewebe die zur Unterhaltung ihrer Lebensthätigkeit nöthige Feuchtigkeit beziehen.

Das Festigungsgewebe. — In lebenden Pflanzenzellen sind in Folge des Saftdruckes, welcher im Innern vorhanden ist, die Zellwände straff gespannt. Die innere Festigkeit, welche die Gewebe dadurch erhalten, genügt, um jugendliche Pflanzentheile von geringer Ausdehnung entgegen dem eigenen Gewicht und den Angriffen äusserer Kräfte aufrecht zu erhalten. In älteren Pflanzentheilen finden wir dagegen eigene Grundgewebeformen, Festigungsgewebe, ausgebildet, welche vorwiegend die innere Festigkeit der Organe bedingen und dieselben in Stand setzen, sich aufrecht zu erhalten und den durch Wind und Regen ausgeübten Zug-, Druck- und Biegungswirkungen zu widerstehen. Die Zellen der Festigungsgewebe, besitzen verdickte Wände und stehen mit einander in festem Verbande, auf diese Weise werden bisweilen strangartige Gewebestreifen gebildet, welche die Zugfestigkeit des Schmiedeeisens erreichen oder gar noch übertreffen. In Pflanzentheilen, welche noch in Wachsthum begriffen sind, wird das Festigungsgewebe von Collenchymsträngen gebildet, welche, da ja die Zellen einen lebenden Inhalt und wachsthumsfähige Wände besitzen, der Streckung des Organes durch Wachsthum zu folgen vermögen. In ausgewachsenen Pflanzenorganen dagegen, die eine längere Lebensdauer besitzen, besteht das Festigungsgewebe aus Sklerenchym, welches in einzelnen Fällen durch Umwandlung aus dem Collenchym entsteht, meist aber durch besondere Differenzirung einzelner Grundgewebepartieen zu Stande kommt. Vorwiegend spielen dabei Sklerenchymfasern eine Rolle; Gruppen von Steinzellen kommen meist nur vereinzelt vor und sind von untergeordneter Bedeutung. Die Gesammtheit des Festigungsgewebes einer Pflanze wird als das mechanische System derselben bezeichnet. Die

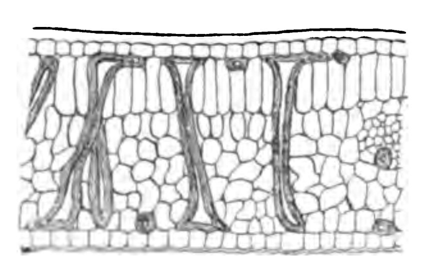
einzelnen Theile des mechanischen Systems sind im Pflanzenkörper in der Weise angeordnet, dass mit möglichst geringem Material die grösste Leistungsfähigkeit erreicht wird (Fig. 125). In den freigestreckten oberirdischen Pflanzentheilen, welche vorwiegend der durch den Wind, durch Regen- und Schneedruck und durch das eigene Gewicht veranlassten Biegung zu widerstehen haben, sind die Stränge des Festigungsgewebes möglichst weit an die Peripherie der Organe verlegt. In derselben Weise, wie in der Ingenieurtechnik T förmige Eisenbalken und Röhren zur Herstellung von biegungsfesten Constructionen Verwendung finden, sehen wir in manchen oberirdischen Pflanzentheilen die Biegungsfestigkeit dadurch erreicht, dass einzelne Streifen vom Festigungsgewebe an den gegenüberliegenden Seiten des Organes nahe der Oberfläche verlaufen, oder dass das Festigungsgewebe im Innern eines cylindrischen Pflanzentheiles einen röhrenförmigen Mantel darstellt, welcher auf dem Querschnitt als ein mit dem Umfange concentrischer, der Oberfläche genäherten Ring erscheint.



Figur 125.

Vertheilung des Festigungsgewebes in den Organen. **A** Querschnitt des Blüthenschaftes von Ornithogalum Eclonii — das mechanische Gewebe *s* schliesst zu einem ununterbrochenen Ringe zusammen, *g* die Gefässbündel. **B** Querschnitt des Blattes von Dasylirion junceum und **C** Theil des Blattquerschnittes von Phoenix (Haberlandt), *s* das aus strangartigen Faserbündeln bestehende mechanische Gewebe. **D** Querschnitt des Stammes von Myriophyllum spicatum. Der Spross besteht der Hauptsache nach aus Parenchym, in welchem grosse Lufträume *i* vorhanden sind. Das mechanische Gewebe *s* ist der Achse des Organs genähert. **A**, **B** u. **C** sind biegungsfeste Constructionen, **D** ist zugfest gebaut.

Viele unterirdische Pflanzentheile, Wurzeln und Rhizome, ferner die Sprosse der fluthenden Wasserpflanzen werden durch die Wirkung der äusseren Kräfte nicht auf Biegung, sondern hauptsächlich auf Zug in Anspruch genommen. Dementsprechend ist in ihnen das Festigungsgewebe der Achse genähert



Figur 126.

Theil d. Blattquerschnittes v. Roupala villosa. Dem assimilirenden Gewebe sind einzelne Sklerenchymzellen (Idioblasten) eingefügt.

und meist zu einem axilen Strange vereinigt. Gelegentlich kommen im Grundgewebe auch vereinzelte sklerenchymatische Zellen vor, ein typisches Beispiel bieten die als Idioblasten bezeichneten verästelten Sklerenchymzellen in dem Blattgewebe mancher Pflanzen dar (Fig. 126).

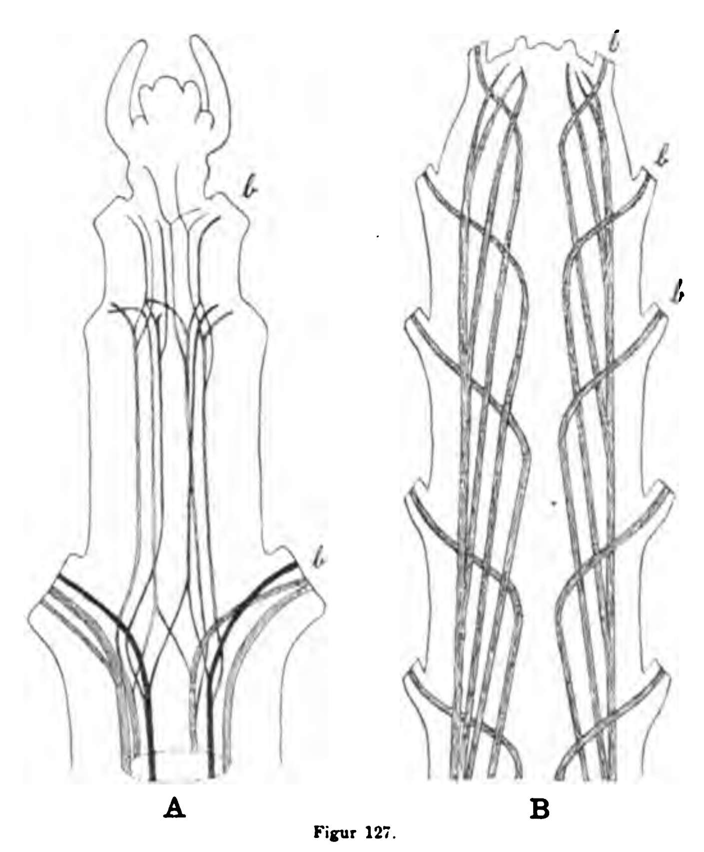
4. Die Gefässbündel.

Der Verlauf der Bündel. — Die Gefässbündel stellen die Leitungsbahnen für Wasser und Nährstoffe im Pflanzenkörper dar. Sie durchziehen strangartig alle Theile des Pflanzenkörpers, Wurzeln, Sprossachsen und Blätter. Am einfachsten ist die Anordnung der Gefässbündel in den Wurzeln; dort ist ein einziger centraler Gefässbündelstrang vorhanden, von dem aus ähnliche Stränge in die Seitenwurzeln abgehen. Im Spross ist der Verlauf der Gefässbündel bei den einzelnen Pflanzen sehr verschieden und oft ausserordentlich complicirt. Bei einigen einfacher organisirten Formen ist nur ein einziges Bündel im Spross vorhanden, welches denselben der Länge nach durchzieht und Aeste in die seitlichen Organe entsendet. Gewöhnlich verlaufen viele Gefässbündel neben einander im Spross und bilden, dadurch dass sie sich wiederholt verzweigen oder mit einander verschmelzen, ein maschenartiges Gerüstwerk, dessen äusserste Verzweigungen in die Blätter hinein verlaufen (Fig. 127). Die im Spross befindlichen Strecken der zu den Blättern abbiegenden Stränge werden als Blattspuren bezeichnet. Meist ist das ganze Gefässbündelnetz des Sprosses aus Blattspursträngen gebildet; stammeigene Bündel d. h. solche Gefässbündel, welche nur dem Spross angehören, kommen selten vor. In den Sprossachsen der Dicotyledonen ist das von den Gefässbündeln gebildete Maschenwerk meist in Form eines Cylindermantels angeordnet, welcher das Mark umhüllt und seinerseits von der Aussenrinde und dem sie bedeckenden Hautgewebe umkleidet wird (Fig. 127 **A**). Auf dem Querschnitt des Sprosses der Dicotyledonen finden wir entsprechend dem geschilderten Gefässbündelverlauf die Querschnitte der Bündel zu einem Kreise angeordnet (Fig. 123). Auch bei den Gymnospermen und bei manchen Farnen ist die Vertheilung der Bündel in der Sprossachse eine ähnliche.

Die meisten Monocotylen weisen dagegen einen andern Typus des Bündelverlaufes auf (Fig. 127 **B**). Die Bündel vereinigen und verzweigen sich auch hier, wenngleich nicht so häufig als bei den Dicotylen. Die freien Endverzweigungen treten aber nicht direkt in die Blätter ein, sondern sie durchziehen noch eine grössere Strecke weit den Spross, indem sie schräg aufsteigend sich zuerst der Sprossmitte nähern und dann bogenförmig zurückgekrümmt zur Blattinsertion verlaufen. Auf dem Querschnitt findet man in Folge dieses Verlaufes die Bündelquerschnitte ungleichmässig vertheilt (Fig. 125 **A**). Verhältnissmässig wenige Bündel sind in der Nähe der Sprossmitte sichtbar, während dieselben am Rande dichter gedrängt erscheinen; es beruht das darauf, dass die Bündel nicht alle gleichweit bis zur Sprossmitte vordringen, bevor sie sich zum Eintritt in das Blatt zurückkrümmen. Eine scharfe Scheidung des Grundgewebes in Mark- und Aussenrinde tritt bei dem Gefässbündelverlauf der Monocotylen nicht hervor, indes

pflegt man auch hier den die Sprossmitte einnehmenden bündelfreien Theil als Mark, die peripherische Schicht unterhalb des Hautgewebes als Aussenrinde zu bezeichnen.

Bisweilen tritt nur ein Bündel in jedes Blatt ein um sich in der Blattfläche mehr oder minder reichlich zu verzweigen, gewöhnlich aber zweigen sich zu jedem Blatt mehrere Bündel ab, welche gemeinsam mehr oder minder weit die Blattmitte durchziehen, um von dort in die Blattfläche auszustrahlen oder Seitenäste dahin abzugeben. Die Gefässbündel



Figur 127.

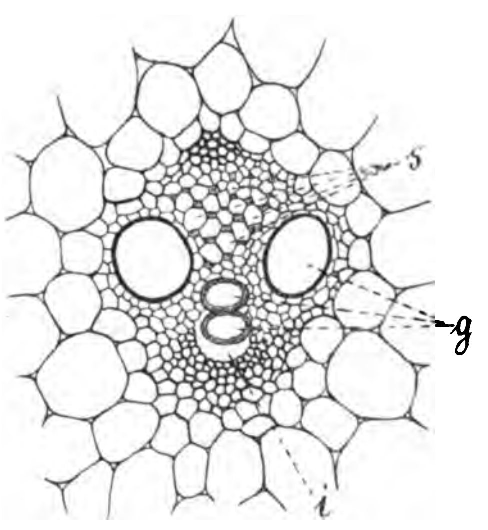
A Schema des Gefässbündelverlaufes in einer dicotylen Pflanze (nach Nägeli). **B** Schema des Gefässbündelverlaufes in einer monocotylen Pflanze (nach Falkenberg). *b*, *b* Blattbasen.

des Blattes verlaufen im Innern der Blattnerven. Was bei der Besprechung des Laubblattes über den Verlauf und die Vertheilung der Blattnerven gesagt worden ist, gilt demnach auch von der Ausbreitung der Bündel in den Blattflächen. Die Mittelrippe und stärkeren Seitennerven schliessen bisweilen mehrere Gefässbündel ein, die zarteren Auszweigungen höherer Ordnung enthalten stets nur ein einziges Bündel, die äussersten Enden der Blattnerven und Gefässbündel endigen entweder frei in dem als

Mesophyll bezeichneten Grundgewebe der Laubausbreitung, oder sie schliessen sich andern Nerven an.

Die Zusammensetzung der Bündel. — Es ist oben das Vorhandensein von Gefässen oder Tracheiden und von Siebröhren als charakteristische Eigenthümlichkeit der Gefässbündel bezeichnet worden. Diese beiden Bauelemente, Gefässe oder Tracheiden einerseits und Siebröhren andererseits sind nun nicht regellos im Bündel vertheilt, sondern sie sind mit andern Elementen zu Gruppen vereinigt, welche als Gefässtheile respective als Siebtheile des Bündels bezeichnet werden.

Neben den Siebröhren mit ihren Geleitzellen und neben den Gefässen sind im Siebtheil und im Gefässtheil der Bündel meist noch Sklerenchymfasern und Parenchymzellen anzutreffen. Im Siebtheil werden die Sklerenchymfasern als **Bastfasern**, die Parenchymzellen als **Bastparenchym** bezeichnet, im Gefässtheil werden sie **Holzfasern** respective **Holzparenchym** genannt.



Figur 128.

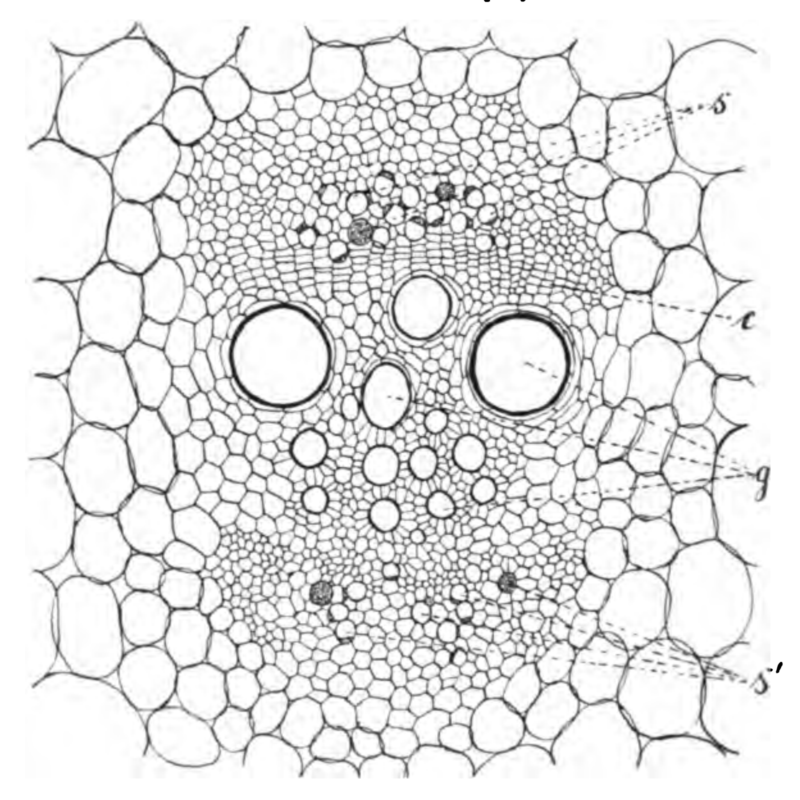
Querschnitt durch das collaterale Gefässbündel von Saccharum officinarum. *s* Siebröhren, *g* Gefässe. Der Siebtheil liegt nach aussen zu vor dem Gefässtheil. *i* Intercellularraum.

Gewöhnlich ist in jedem Bündel ein Gefässtheil und ein Siebtheil vorhanden. Dieselben sind meist so angeordnet, dass der Gefässtheil nach der Sprossmitte zu, der Siebtheil nach aussen hin gelegen ist. Man bezeichnet diese Anordnung als **collateral** (Fig. 128). In einigen dicotylen Pflanzenfamilien z. B. den Cucurbitaceen ist an der Innenseite des Gefässtheils ein zweiter Siebtheil ausgebildet, derartige Bündel werden **bicollateral** genannt (Fig. 129). **Concentrisch** nennt man die Gefässbündel, bei denen der eine Theil rings um den andern herumgreift. Bei den Gefässbündeln mancher Farne bildet der Gefässtheil den centralen Theil des Bündels, es kommt aber auch der umgekehrte Fall vor, dass der Siebtheil von dem Gefässtheil eingehüllt wird.

Der centrale Bündelstrang der Wurzeln ist als eine Vereinigung mehrerer Gefässbündel anzusehen, es sind meist mehrere Siebtheile und mehrere Gefässtheile vorhanden, dieselben liegen aber nicht wie im Spross von aussen nach innen neben einander, sondern die Gefässtheile sind radial um den Mittelpunkt des Sprossquerschnittes angeordnet und zwischen je zweien derselben liegt ein Siebtheil (Fig. 130). Zwischen den Siebtheilen und den Gefässtheilen ist eine schmale Schicht von Parenchymzellen, das Verbindungsgewebe, eingeschoben. Ebenso ist auch der ganze Bündelstrang von einer ununterbrochenen einschichtigen Lage von zarten prismatischen Parenchymzellen umhüllt, welche als

Pericambium bezeichnet wird. Die Zellen des Pericambiums bleiben lange Zeit in einem entwickelungsfähigen Zustande. Sie sind es, welche den Anlagen der Seitenwurzeln im Innern des Wurzelkörpers den Ursprung geben.

In den Wurzeln der Dicotyledonen ist die Zahl der Siebtheile und Getässtheile meist gering; es kommen 2, 3, 4, seltener mehr Gefässgruppen und ebensoviele Siebtheile vor. Man bezeichnet die Bündelstränge dem entsprechend als diarch, triarch, tetrach oder polyarch. In den Wurzeln der



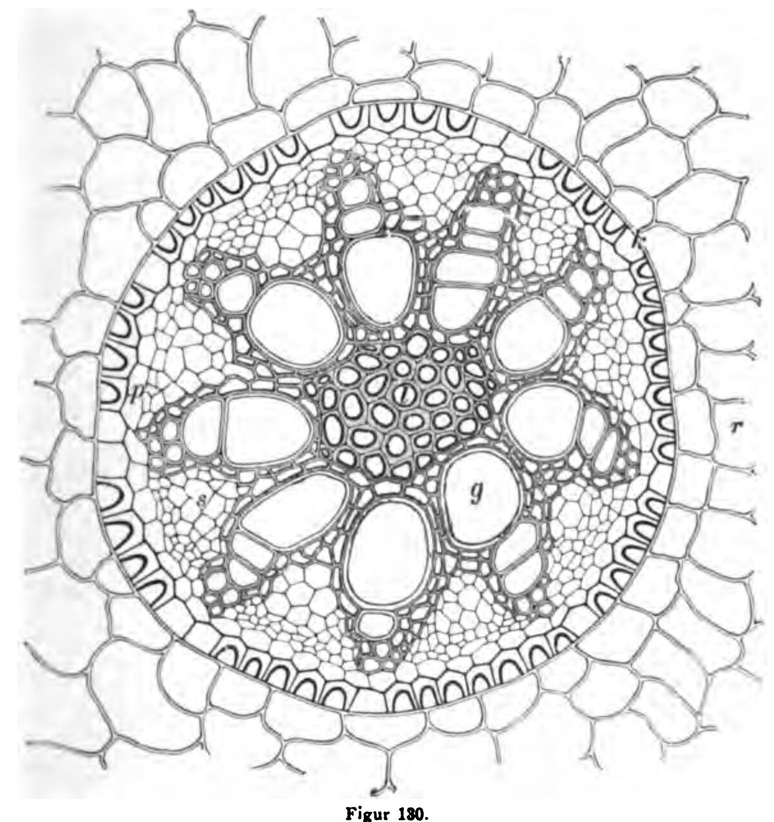
Figur 129.

Querschnitt durch das bicollaterale Gefässbündel von Cucurbita Pepo. *s* Siebröhren des äusseren, *s'* Siebröhren des inneren Siebtheils. *g* Gefässe. *c* Cambium (siehe Seite 127).

Monocotyledonen kommen bis zu 50 und mehr Gruppen von Gefässtheilen und Siebtheilen in den Bündelsträngen vor (Fig. 130).

Nach aussen hin ist der Bündelstrang der Wurzel durch eine Schutzscheide, die Endodermis, gegen das Grundgewebe abgegrenzt. Die Zellwände in der Endodermis sind häufig stark verdickt und theilweise verkorkt, nur dort wo die radialen Gefässtheile sich der Endodermis nähern, bleiben in vereinzelten Zellen die Wände unverdickt. Diese Zellen vermitteln hauptsächlich den Stoffverkehr zwischen Bündelstrang und Wurzel-

rinde und werden als Durchlasszellen bezeichnet. Das Vorkommen einer Endodermis ist übrigens nicht auf den Bündelstrang der Wurzeln beschränkt, die Gefässbündel der Farne besitzen ebenfalls eine Endodermis und ebenso die Bündel in Stamm und Blatt einiger Blüthenpflanzen.



Figur 130.

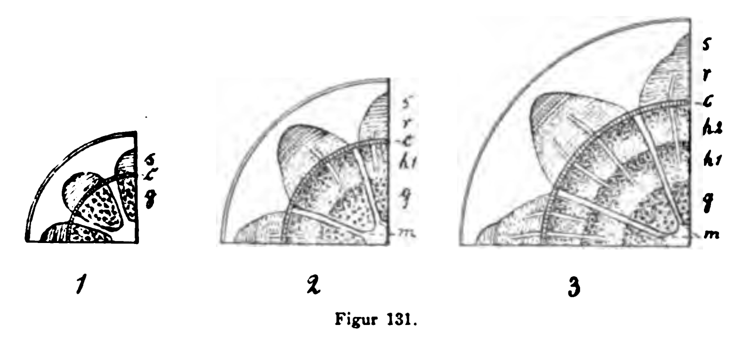
Querschnitt durch den Bündelstrang der Wurzel von Veratrum album. *g* ein Gefäss, *s* ein Siebtheil, *p* Pericambium, *k* Endodermis, *r* die primäre Rinde der Wurzel. (Nach Tschirch.)

5. Das sekundäre Dickenwachsthum.

Das Cambium. — In den Sprossen mancher Gewächse, z. B. bei den Farnen und den Monocotyledonen erreichen die Gefässbündel nach einer gewissen Zeit eine endgültige Ausbildung, welche normaler Weise nachträglich nicht mehr verändert wird. Solche Gefässbündel werden als geschlossene Bündel bezeichnet. Ihnen stehen die offenen Gefässbündel gegenüber (Fig. 129), bei denen zwischen dem Siebtheil und dem Gefässtheil ein Bildungsgewebe, das Cambium vorhanden ist, welches fortgesetzt neue Zellen zu dem Siebtheil und zu dem Gefässtheil hinzufügt. Das Cambium besteht aus einer Schicht prismatischer, inhaltsreicher Zellen,

welche die Fähigkeit haben, fortgesetzt durch Theilung nach beiden Seiten hin neue Zellen zu erzeugen. Die nach dem Gefässtheil hin gelegenen neuen Zellen bilden sich bald zu Gefässgliedern oder Tracheiden oder zu Holzfasern oder Holzparenchym aus, die nach dem Siebtheil zu vom Cambium erzeugten jungen Zellen werden zu Siebröhren, zu Bastfasern oder zu Bastparenchym. Die Gesammtproduction des Cambiums an Gefässen, Holzfasern und Holzparenchym wird als sekundäres Holz, die Gesammtproduction an Siebröhren, Bastfasern und Bastparenchym wird als sekundäre Rinde bezeichnet (Fig. 131).

An denjenigen Sprossen, welche einen netzförmigen Gefässbündelcylinder besitzen, tritt bald nach Beginn der Cambiumthätigkeit in den Bündeln, auch in den die Maschen des Bündelcylinders durchsetzenden Markverbindungen des Grundgewebes ein Cambium auf, so dass das Cambium in seiner Gesammtheit einen ununterbrochenen Cylindermantel darstellt, welcher auf dem Sprossquerschnitt als Ring, Cambiumring, erscheint. Das Cambium der Markverbindungen wird im Gegensatz zu dem



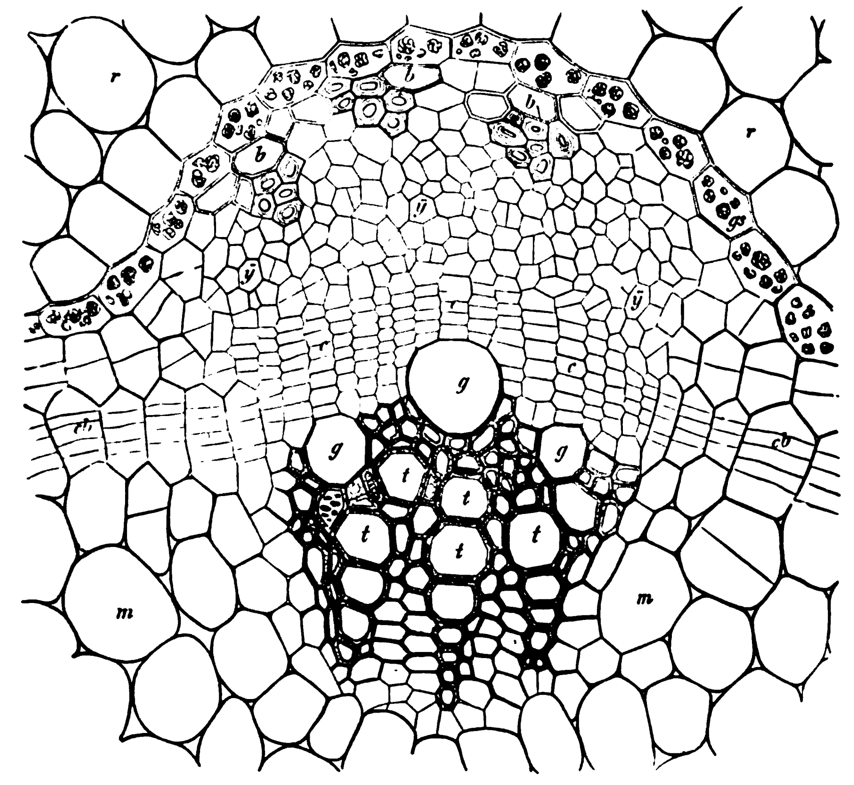
Figur 131.

Theil eines Sprossquerschnittes in verschiedenen Stadien des Dickenwachsthums, schematisch. *s* Siebtheil, *g* Gefässtheil des ursprünglich vorhandenen Bündels, *c* das Cambium, *r* sekundäre Rinde, *h* sekundäres Holz, h^1, h^2 die Zuwachszonen verschiedener Jahre. *m* Markstrahl.

in den Bündeln auftretenden Fascicularcambium als Interfascicularcambium bezeichnet (Fig. 132), es setzt durch Erzeugung neuer Parenchymzellen die Markverbindungen instand, dem Dickenwachsthum der Gefässbündel zu folgen und lässt aus ihnen im Laufe der Entwickelung lange schmale Streifen von parenchymatischem Gewebe hervorgehen, welche den durch die Thätigkeit des Cambiums verdickten Spross von der Rinde bis zum Mark durchsetzen und als Markstrahlen bezeichnet werden. Andere Markstrahlen entstehen dadurch, dass gewisse Zellen des Fascicularcambiums, nachdem sie eine Zeit hindurch Holz- und Rindenelemente erzeugt haben, nur noch Markstrahlparenchym ausbilden. Die so entstandenen Markstrahlen reichen entsprechend dieser Entstehungsweise nicht ganz bis zum Mark in das Innere des Sprosses hinein, sondern endigen mehr oder minder weit vom Sprosscentrum entfernt im Holzkörper. Sie werden als sekundäre Markstrahlen bezeichnet.

In den Pflanzenachsen, welche einen centralen Gefässbündelstrang besitzen, z. B. in den Wurzeln der Dicotyledonen, tritt das Cambium gleichfalls

zwischen den Siebtheilen und Gefässtheilen auf und die einzelnen Partieen verbinden sich dann seitlich zu einem Ringe, der auf dem Querschnitt anfangs als wellig verbogene Kreislinie erscheint (Fig. 133 **A**). Später gleichen sich durch das Wachsthum die Undulationen des Cambiumringes mehr und mehr aus, so dass endlich ebenso wie in den Sprossen mit ringförmiger Anordnung der Gefässbündel ein gleichmässiger Cambiumgürtel ringsum vorhanden ist, welcher nach innen neues Holz, nach aussen neue Rinde erzeugt. Markstrahlen kommen hier ebenso wie dort dadurch zustande,



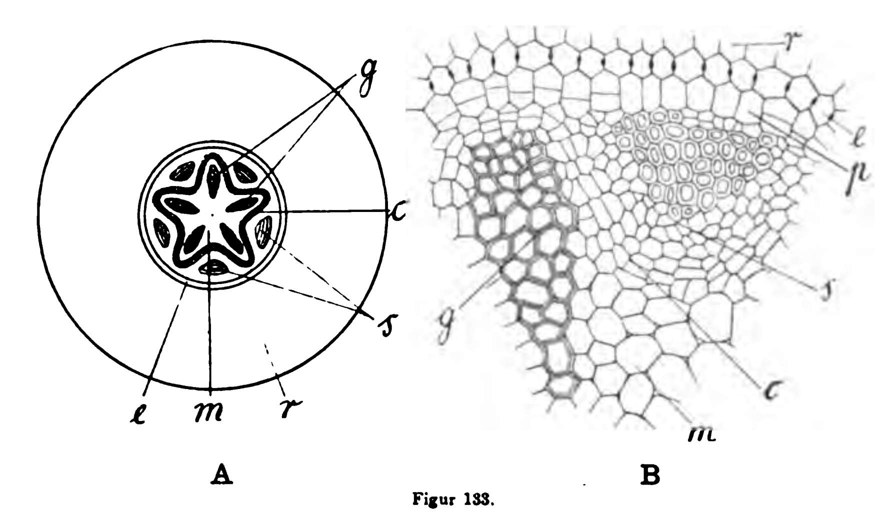
Figur 132.

Theil vom Querschnitt des hypocotylen Gliedes einer Ricinuskeimpflanze. ***m*** **Parenchymzellen des Markes,** ***r*** **Parenchymzellen der Rinde,** ***b*** **und** ***y*** **Zellen des Siebtheils,** ***g*** **und** ***t*** **Gefässe,** ***c*** **Fascicularcambium,** ***cb*** **Interfascicularcambium. (Nach Sachs.)**

dass gewisse Gruppen von Cambiumzellen entweder von Anfang an oder nachdem sie eine Zeit lang Holz- und Rindenelemente gebildet haben, nur Markstrahlenparenchym erzeugen.

Holz und Rinde. — Um von dem Bau und der Anordnung der einzelnen Theile in den durch sekundäres Wachsthum verdickten Sprossen und Wurzeln eine räumliche Vorstellung zu gewinnen, genügt die Betrachtung dreier zu einander senkrechter Schnittflächen des Gewebekörpers: des Querschnittes, des radialen und des tangentialen Längsschnittes.

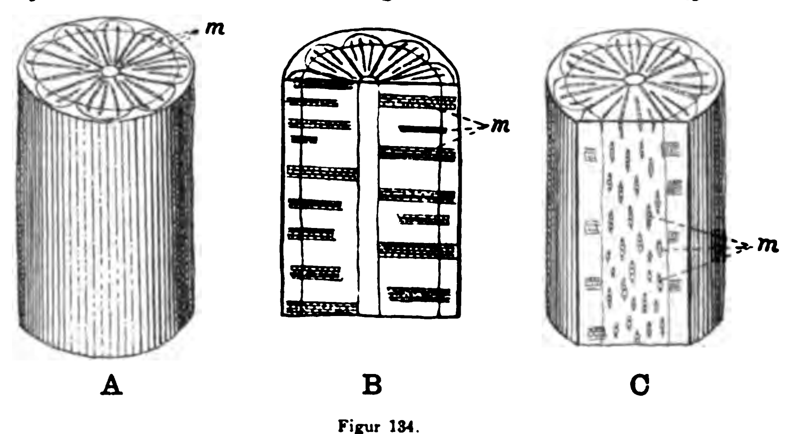
Der Querschnitt verläuft rechtwinklig zur Längsachse und stellt eine annähernd kreisförmige Fläche dar, deren Umfang von der Epidermis oder



Figur 133.

A Schematisches Querschnittbild der Hauptwurzel von Vicia Faba. **B** Theil vom Querschnitt des Gefässbündelstranges der Hauptwurzel von Vicia Faba nach Ausbildung des Cambiums (nach Haberlandt). *g* Gefässtheil, *s* Siebtheil, *c* Cambium, *e* Endodermis, *r* Rinde, *m* Mark. *p* Pericambium.

von dem an deren Stelle getretenen Kork gebildet wird. Der Längsschnitt verläuft parallel mit der Achse des Organes, schneidet also die Querschnitt-

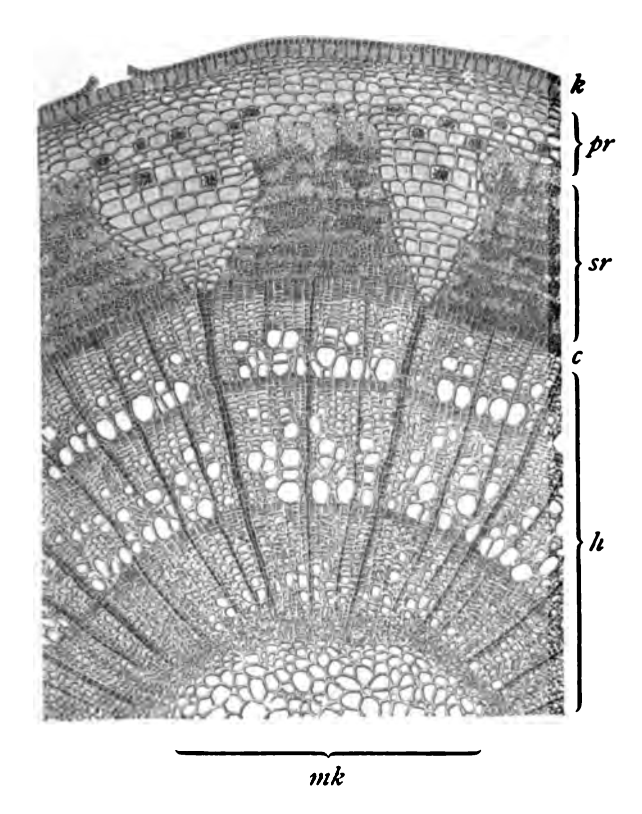


Figur 134.

Schemata eines Sprossstückes einer dicotylen Pflanze. Bei **A** ist nur eine Querschnittfläche sichtbar, in **B** ist ausserdem eine radiale und in **C** eine tangentiale Schnittfläche hergestellt. *m* Markstrahlen.

fläche unter rechtem Winkel. Entsprechend der kreisförmigen Ausbildung des Querschnittes bezeichnet man einen Längsschnitt als radial, wenn die

Linie, in welcher er die Querschnittfläche schneidet, einen Radius der letzteren darstellt, wenn also die Schnittfläche die Längsachse des Organs in sich aufnimmt. Ein tangentialer Längsschnitt dagegen verläuft in einiger Entfernung von der Achse des Organes, die Linie, in welcher er die Querschnittfläche schneidet, stellt eine Sehne in dem von der letzteren gebildeten Kreise dar. Da die Markstrahlen als schmale Streifen die sekundären Zuwachsschichten der Sprosse und Wurzeln in radialer Richtung durch-



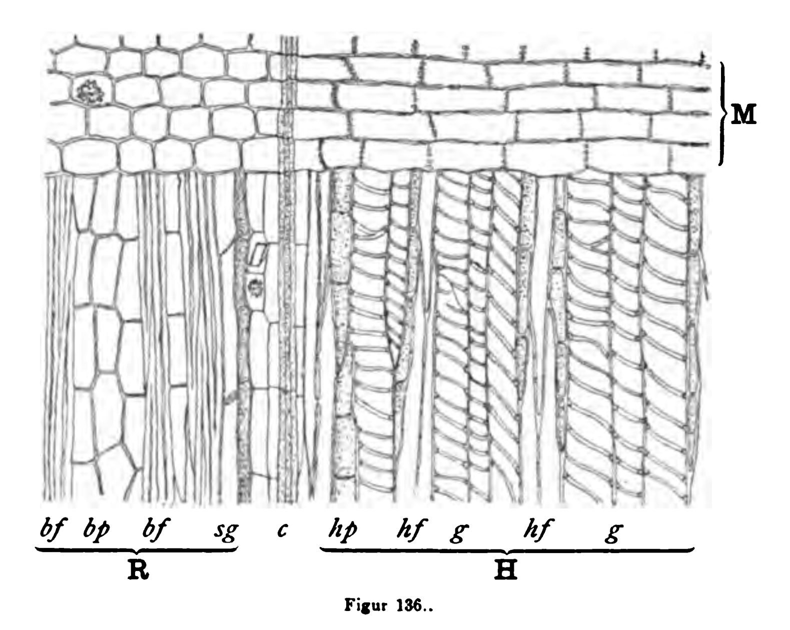
Figur 135.

Querschnitt eines dreijährigen Lindenzweiges (nach Kny). *mk* Mark, *pr* primäre Rinde, *c* Cambium, *h* sekundärer Holzkörper, *sr* sekundäre Rinde, *k* Korkschicht.

ziehen, so werden sie von den radialen und tangentialen Längsschnitten in verschiedener Weise getroffen, und geben durch die Figur, welche sie auf einer beliebigen Schnittfläche darbieten, ein Erkennungsmerkmal dafür ab, in welcher Richtung der betreffende Schnitt geführt worden ist (Fig. 134). Auf dem Querschnitt sind die Markstrahlen meist mit blossem Auge oder mit der Lupe als schmale Streifen sichtbar, welche nach dem Mittelpunkt des Schnittes convergiren. Auf dem radialen Längsschnitt stellen die

Markstrahlen sich als schmale parallel verlaufende Bänder aus gestreckten Parenchymzellen dar. Der tangentiale Längsschnitt zeigt die Querschnitte der Markstrahlen, meist kurze strichförmige Gruppen von rundlichen Zellen.

Als Beispiel für den Bau dicotyler Holzstämme möge im Folgenden der Bau eines Lindenzweiges mit Hülfe der Abbildungen erläutert werden. Fig. 135 stellt einen Theil des Zweigquerschnittes dar. Das Centrum des Querschnittes wird von grosszelligem Mark eingenommen. An dasselbe grenzen zunächst die Gefässtheile der Bündel, welche vor Beginn des sekundären Dickenwachsthums im Spross vorhanden waren. Darauf folgt ein breiter Holzkörper *h*, welcher durch die Thätigkeit des Cambiums ent-



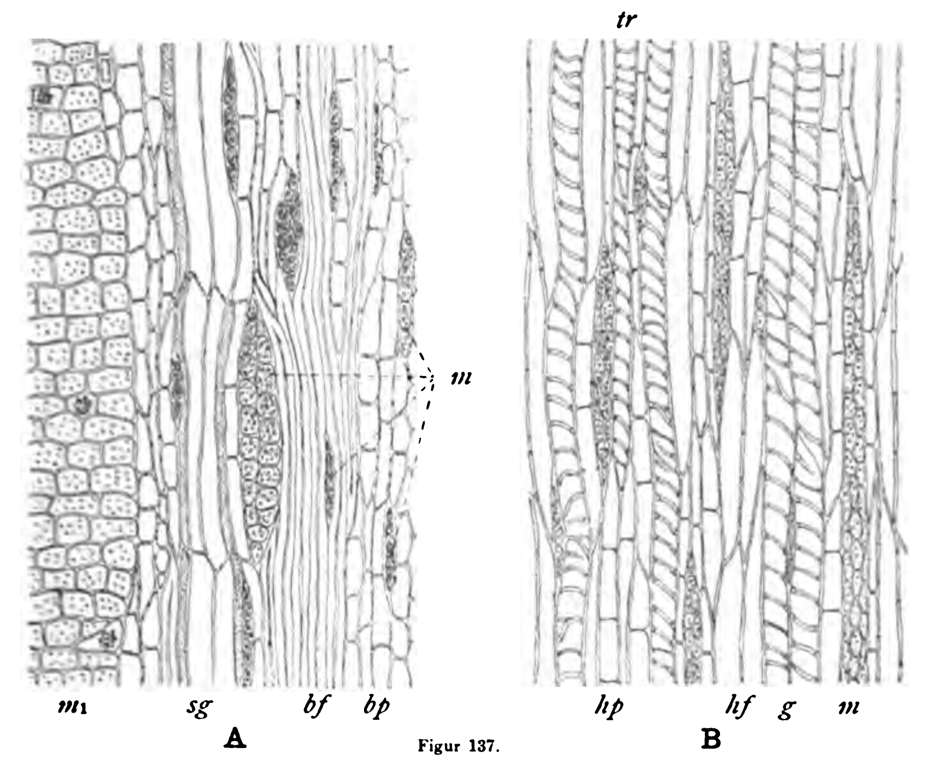
Figur 136..

Theil vom radialen Längsschnitt eines Lindenzweiges. R Das Gewebe der sekundären Rinde. *sg* Siebröhren mit Geleitzellen, *bf* Bastfasern, *bp* Bastparenchym, *c* das Cambium. H Das Gewebe des Holzkörpers. *g* Gefässe, *hf* Holzfasern, *hp* Holzparenchym. M Theil eines der Länge nach angeschnittenen Markstrahls.

standen ist. Derselbe wird von den Markstrahlen in radialer Richtung durchzogen. Ausserdem lässt sich eine ring- oder zonenförmige Struktur des Holzkörpers erkennen, welche als Jahrringbildung bezeichnet wird. Die Ausbildung der Jahresringe beruht darauf, dass das in den verschiedenen Zuwachsperioden im Frühling und im Sommer gebildete Holz eine verschiedene Zusammensetzung besitzt. Während das Frühlingsholz viele Gefässe und weite Holzfasern und Holzparenchymzellen enthält, besteht das am Ende der jährlichen Zuwachsperiode gebildete Holz fast nur aus engen, schmalen Holzfasern. Im Frühling des nächsten Jahres setzt die Thätigkeit des Cambiums ohne Uebergang wieder mit der Ausbildung von Frühjahrsholz ein, so dass zwischen den einzelnen Jahresringen eine

scharfe Grenze entsteht. Die Jahresringbildung gibt uns, wie leicht ersichtlich, ein Mittel an die Hand, um das Alter der Holzstämme zu bestimmen.

An der äusseren Grenze des Holzkörpers liegt der Cambiumring *c*, leicht erkennbar an der Zartheit der Zellwände und der Regelmässigkeit der Zellenordnung in seiner Nachbarschaft. Nach aussen hin schliesst sich an den Cambiumring die sekundär gebildete Rinde an *sr*, in welcher Bastfasern und dünnwandige Elemente, Siebröhren und Rindenparenchym ohne besondere Regelmässigkeit der Anordnung mit einander abwechseln.



Figur 137.

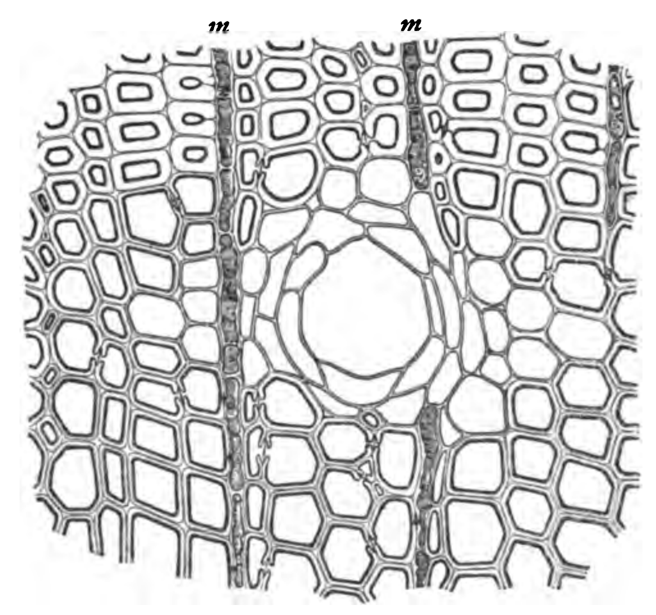
A Tangentialer Längsschnitt durch die Rinde eines Lindenzweiges. *sg* Siebröhren mit Geleitzellen, *bf* Bastfasern, *bp* Bastparenchym, *m* Querschnitte schwacher Markstrahlen, *m*1 Theil eines verbreiterten primären Markstrahls. **B** Tangentialer Längsschnitt durch das Holz eines Lindenzweiges, *g* Gefässe, *tr* Tracheiden, *hf* Holzfasern, *hp* Holzparenchym, *m* Querschnitt eines Markstrahls.

Die Markstrahlen setzen sich zum Theil als schmale Zellreihen auch durch die Rinde fort, zum Theil verbreitern sie sich ganz bedeutend und zertheilen den Querschnitt der sekundären Rinde in einzelne trapezförmige Abschnitte, an deren äusseren, schmalen Seite die ältesten Theile der sekundären Rinde, d. h. die Siebzellen und Bastfasern liegen, welche vor Beginn des Dickenwachsthums in dem Spross vorhanden und mit den unmittelbar an das Mark grenzenden Gefässen und Holzfasern zu Gefässbündeln vereinigt waren.

Ausserhalb der sekundären folgt dann die primäre Rinde *pr*, welche aus einigen Schichten parenchymatischer Zellen gebildet wird. Sowohl in der primären Rinde als auch dem Markstrahlenparenchym der sekundären Rinde sind einzelne Krystallzellen mit morgensternförmigen Drusen von oxalsaurem Kalk vorhanden.

An die primäre Rinde schliesst sich nach aussen hin das Korkcambium und die aus demselben erzeugte mehr oder minder mächtige Korkschicht *k*, welche im vorliegenden Beispiel aussen noch von der schon stellenweise zersprengten Epidermis überkleidet ist.

Der radiale Längsschnitt, von dem in Figur 136 ein Theil dargestellt ist, zeigt uns zunächst die Markstrahlen als mehr oder minder breite



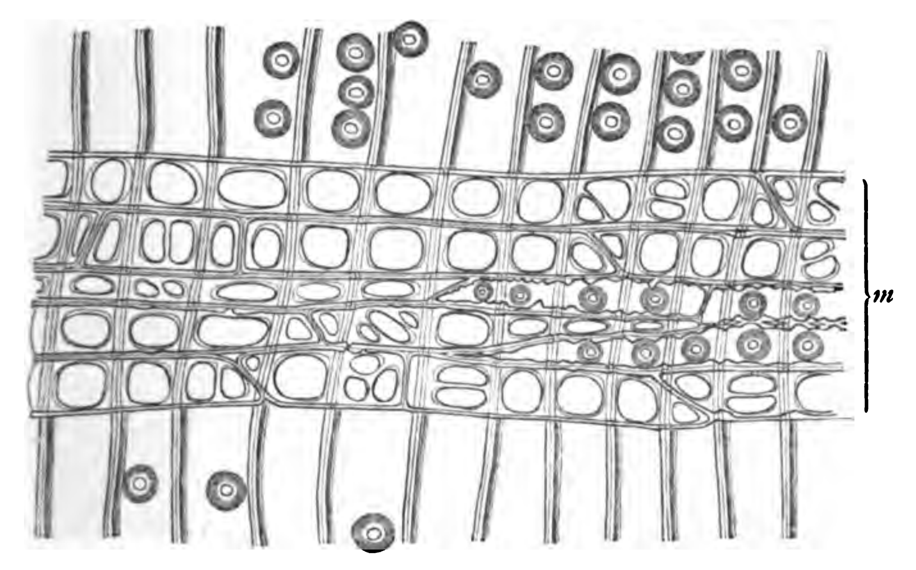
Figur 138.

Querschnitt des Holzes von Pinus silvestris (nach Kny). *m* Markstrahl. Die weite Oeffnung in der Mitte der Figur ist der Querschnitt eines Harzganges, welcher von Parenchymzellen umgeben ist.

Bänder von parenchymatischen Zellen, welche quer zu der Längrichtung der übrigen Gewebeelemente verlaufen. In dem Holz erkennt man leicht die meist ziemlich weiten Gefässe und die Tracheiden an den mit spiraligen Verdickungsleisten versehenen und meist (besonders in den vom Cambium entfernteren Theilen) behöft getüpfelten Wänden. Die Holzfasern stellen sich als lange, an beiden Enden spitz ausgezogene Sklerenchymfasern dar, die Zellen des Holzparenchyms lassen in ihrer Form und Anordnung erkennen, dass sie durch Quertheilungen aus prosenchymatischen Zellen entstanden sind. Ihre Wände sind fein getüpfelt. Im ausgewachsenen Holz enthalten nur die Markstrahlzellen und die Holzparenchymzellen einen lebenden Protoplasmainhalt, alle übrigen Elemente, die Gefässe, die

Tracheiden und die Holzfasern sind mit Luft und Wasser erfüllt. In der Rinde lässt uns der radiale Längsschnitt die Siebröhren mit ihren Geleitzellen *sg*, die Bastfasern *bf* und das Bastparenchym *bp* unterscheiden. Die Siebröhren werden meist schon in geringer Entfernung vom Cambium ausser Function gesetzt, in den älteren Rindentheilen sind sie gewöhnlich zusammengedrückt und -geschrumpft (obliterirt). Die Wände der Bastfasern sind fast bis zum Verschwinden der Zellhöhlung verdickt; in Folge dessen besitzen die Bastfaserstränge der Lindenrinde eine sehr hohe Festigkeit, worauf die technische Verwendbarkeit des Lindenbastes beruht.

Der tangentiale Längsschnitt des Lindenzweiges zeigt je nachdem er mehr oberflächlich nur durch das Rindengewebe geführt ist, oder tiefer eindringend, den Holzkörper getroffen hat, ein verschiedenes Aus-



Figur 139.

Radialer Längsschnitt durch das Holz von Pinus silvestris (nach Kny). *m* Markstrahl.

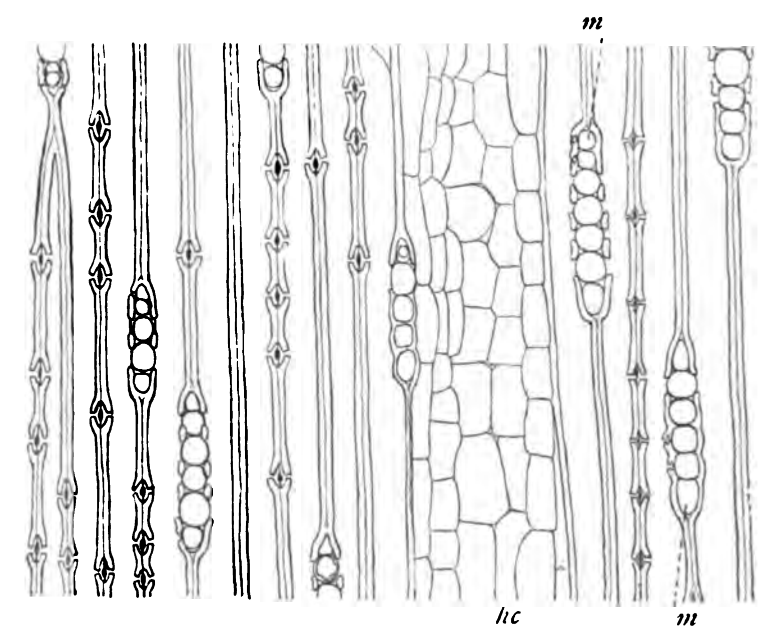
sehen. Der Tangentialschnitt der Rinde (Fig. 137 **A**) enthält neben den Querschnittflächen der stark verbreiterten primären Markstrahlen auch die aus kürzeren oder längeren Reihen rundlicher Zellen bestehenden Querschnitte kleinerer Markstrahlen. Im übrigen bieten die Elemente der Rinde, die Siebröhren mit den Geleitzellen, die Bastfasern und das Rindenparenchym gleichen Anblick dar wie auf dem Radialschnitt.

Im Tangentialschnitt durch das Holz (Fig. 137 **B**) sind alle Markstrahlen als ein- oder wenigreihige vertikale Streifen von rundlichen Zellen sichtbar. In ihrer Nähe liegen meist einige Holzparenchymzellen ferner Holzfasern, Gefässe und Tracheiden, wie auf dem Radialschnitt.

Das Holz der Coniferen ist einfacher gebaut als dasjenige der Dicotylen; es finden sich nämlich in dem Holz keine Gefässe vor, kein

Holzparenchym und keine Holzfasern, sondern nur Tracheiden mit hofgetüpfelten Wänden. Die Figuren 138 bis 140 stellen die drei Schnitte des Holzes von Pinus silvestris dar. Der Querschnitt zeigt die einreihigen Markstrahlen als schmale radiale Streifen. Die Tracheiden des Frühjahrsholzes sind weiter und haben weniger stark verdickte Wände, als diejenigen, welche zu Ende der Jahresperiode gebildet wurden. Vereinzelt verlaufen Harzgänge mit den zu ihnen gehörenden Parenchymzellen durch das Holz. In der Figur 138 ist ein Harzgang im Querschnitt gezeichnet.

Die gehöften Tüpfel befinden sich meistens auf den radialen Wänden der Tracheiden. Auf dem radialen Längsschnitt (Figur 139) sehen wir



Figur 140.

Tangentialer Längsschnitt des Holzes von Pinus silvestris (nach Kny). *m* Markstrahl, *hc* Harzgang.

also die Tüpfel von oben als Doppelkreise. Der innere Kreis wird von dem Eingang in den Tüpfelkanal gebildet, der äussere Kreis markirt den Umfang der hofartigen Erweiterung desselben.

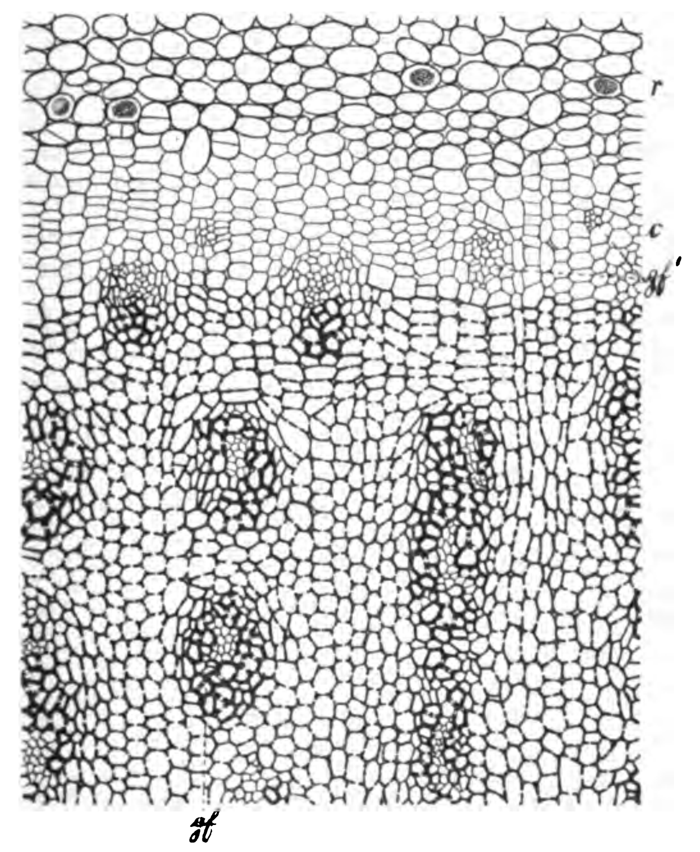
Die Tracheiden sind sehr langgestreckt und an den Enden allmählich zugespitzt und zwischen einander eingeschoben. In der Figur sind nur kurze Stücke der Tracheiden sichtbar. Ein Markstrahl ist der Länge nach getroffen und erscheint als Parenchymband senkrecht zur Längsrichtung der Tracheiden.

Der tangentiale Längsschnitt (Fig. 140) zeigt die Querschnitte der einreihigen Markstrahlen. In einzelnen Fällen werden die Markstrahlen

mehrreihig, indem sie einen Harzkanal in sich aufnehmen. An den Wänden der Tracheiden sind zahlreiche Hoftüpfel quer getroffen. Auch auf diesem Schnitt ist ein Harzkanal und zwar der Länge nach getroffen.

6. Das Dickenwachsthum der Monocotyledonen und Pteridophyten.

In der Abtheilung der monocotylen Pflanzen ist das sekundäre Dickenwachsthum nicht so allgemein verbreitet als bei den Dicotyledonen,



Figur 141.
Querschnitt durch den Stamm von Dracaena. *r* Die Rinde mit einzelnen Rhaphidenzellen, *c* das Cambium, *gf* ein concentrisches Gefässbündel, *gf'* Gefässbündelanlagen im Cambium (nach Kny).

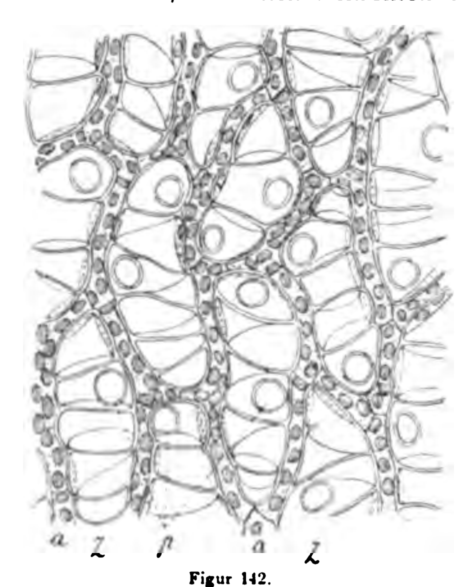
nur bei verhältnissmässig wenigen Formen, den baumartigen Lilien werden ausdauernde Stämme gebildet, die ihren Umfang sekundär vergrossern. Der Dickenzuwachs geht dabei von einem unterhalb der primären Rinde gelegenen Cambiumring, einer Zone von meristematischen Zellen aus (Fig. 141*c*). In diesem verhältnissmässig breiten Gewebestreifen werden

fortgesetzt Grundgewebezellen und vereinzelte neue Gefässbündel ausgebildet. Der Querschnitt des sekundär erzeugten Gewebes zeigt also ebenso wie der Querschnitt des primären Monocotylenstammes eine grosse Anzahl von Gefässbündeln, welche regellos im Grundgewebe vertheilt sind.

Bei den Gefässkryptogamen ist nur in zwei Fällen bei Isoëtes und Botrychium ein sekundäres Dickenwachsthum bekannt. Im Spross der ersteren Pflanze ist ein Cambiumring vorhanden, welcher aber hauptsächlich nur parenchymatisches Rindengewebe producirt. Bei Botrychium findet sich in dem dünnen Stämmchen zwischen dem Siebtheil und dem Gefässtheil der Bündel ein Cambium, welches einen geringen Dickenzuwachs zu Stande bringt. Eine wirkliche Holzbildung findet auch hier nicht statt. Die fossilen Ueberreste von den Gefässkryptogamen früherer Erdepochen lassen oft ein sehr mächtiges Dickenwachsthum erkennen. Wir können also annehmen, dass das Dickenwachsthum bei Isoëtes und Botrychium Ueberreste einer vormals allgemeiner verbreiteten Erscheinung sind.

7. Das Gewebe der gefässlosen Pflanzen.

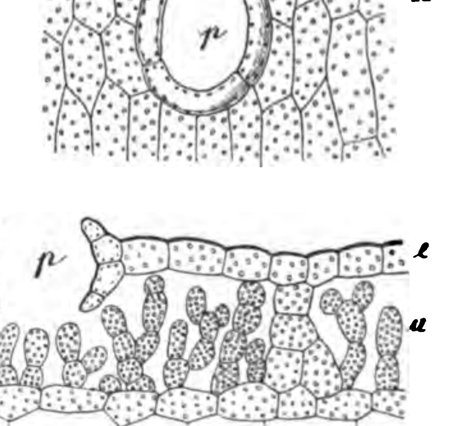
Die niederen Pflanzen besitzen einen bei weitem einfacheren Bau als die Gefässpflanzen. Bei den Formen, deren Vegetationskörper aus einzelnen Zellen, einfachen Zellreihen oder Zellflächen besteht, kann ja von einer Gewebebildung und Gewebedifferenzirung nicht die Rede sein. Aber schon unter den Pilzen, deren Vegetationskörper von verzweigten Fäden, den Hyphen gebildet wird, kommt in einigen Fällen durch die enge Verflechtung und Verwachsung der Hyphenäste die Ausbildung von Gewebekörpern zu Stande, deren Zusammensetzung trotz der gänzlich abweichenden Entstehungsweise mit dem Parenchym der höheren Pflanzen Aehnlichkeit besitzt. Man bezeichnet derartige Gewebe als Pseudoparenchym. Bei manchen Algen lässt sich die Entstehung der Gewebekörper gleichfalls auf eine Verschmelzung verzweigter Fäden zurückführen. Andere Formen dagegen zeigen in der Gewebebildung grosse Uebereinstimmung mit den Gefässpflanzen und weisen auch gelegentlich weitgehende Differenzirung der Gewebekörper auf. Häufig ist eine Hautschicht von festeren



Figur 142.

Theil von der Blattfläche eines Torfmooses. *a* Die chlorophyllhaltigen Zellen, *z* die leeren Zellen mit spiralförmigen Verdickungsleisten an der Wand, *p* die Oeffnungen, durch welche das Wasser eindringt.

Zellen ausgebildet und die Zellen des Innern lassen bisweilen Unterschiede in ihrer Ausbildung erkennen, welche auf eine Arbeitstheilung in den Geweben schliessen lassen. So finden sich bei der riesenhaften Meeresalge Macrocystis Zellen, welche in Form und Ausbildung den Siebröhren der höheren Pflanzen sehr nahe kommen, Die Laminarien, Meeresalgen, welche wie die vorhin genannte Form zu den Phaeophyceen oder Braunalgen gehören, haben ein sekundäres Dickenwachsthum ihrer cylindrischen Achsen. Es ist ein peripherisches Cambium vorhanden, welches Jahr um Jahr neue Gewebezonen zu den vorhandenen hinzufügt und zu einer Ausbildung typischer Jahresringe Veranlassung gibt.



B

Figur 143.

A Stück der Oberfläche des thallosen Sprosses von Marchantia. **B** Querschnitt durch den thallosen Spross. *p* Athemporus, *e* Epidermis, *a* Assimilationszellen.

Die Gewebebildung der Moose steht gleichfalls auf ziemlich niederer Stufe. Die Stämmchen, soweit es sich um beblätterte Formen handelt, bestehen aus gleichmässigen Parenchymzellen, nur bei einigen Laubmoosen ist ein centraler Strang dünnwandiger, langgestreckter Zellen vorhanden, die wahrscheinlich bei der Stoffleitung im Stämmchen eine Rolle spielen. Die Assimilationsflächen sind meist einschichtig, höchstens findet sich ein mehrschichtiger Mittelnerv. An der Oberfläche des Stämmchens und in den Blattflächen der Torfmoose sind neben den Zellen mit lebendem Inhalt grössere leere Zellen vorhanden, deren durchlöcherte Wandung eine spiralbandartige Wandverdickung aufweist (Fig. 142). Diese porösen, leeren Zellen dienen, indem sie kapillar Wasser von Aussen aufnehmen und längere Zeit gegen Verdunstung geschützt festhalten als Wasserreservoir für die lebenden Zellen der Pflanze. Aehnliche Einrichtungen sind von einer Anzahl anderer Laubmoose z. B. von dem bei uns in Wäldern häufigen Leucobryum bekannt.

Unter den thallosen Lebermoosen aus der Reihe der Marchantiaceen sind einige durch höhere Gewebedifferenzirung ausgezeichnet. Die Gattungen

Marchantia und Fegatella z. B., die auch in der einheimischen Flora vertreten sind, haben eine scharfabgegrenzte Epidermis mit Athemporen an der Oberseite ihres Thallus (Fig. 143). Unter der einschichtigen Epidermis liegen kammerartige Intercellularräume aus deren Boden kurze Reihen rundlicher, chlorophyllhaltiger Zellen hervorsprossen, welche das Assimilationsgewebe repräsentiren. Der untere, dem Boden zugekehrte Theil des Vegetationskörpers wird von grossen Parenchymzellen gebildet, zwischen denen einzelne Schleimzellen liegen.

Endlich möge hier noch das Vorkommen von Spaltöffnungen an den Sporenkapseln der Laubmoose Erwähnung finden. Die Wand der Laubmooskapseln, in denen die Sporen ausgebildet werden, wird im jugendlichen Zustande aus grünen Zellen gebildet, welche zwischen sich ein System von Intercellularräumen haben. Die Ausgangsöffnungen, durch welche diese Intercellularen mit der umgebenden Atmosphäre communiciren, sind Spaltöffnungen, welche in der Ausbildung der sie umgebenden Zellen der Hautschicht in manchen Fällen durchaus an die Spaltöffnungen der Gefässpflanzen erinnern.

Zweiter Abschnitt.

Die Physiologie der Pflanzen.

Die Physiologie ist die Lehre von den Lebenserscheinungen und Verrichtungen der Pflanzen und ihrer Organe. Wir können zwei Gruppen von Lebensvorgängen im Pflanzenleben unterscheiden: das vegetative Leben und die Fortpflanzung. Als vegetatives Leben bezeichnen wir die Summe aller Lebensäusserungen, welche sich auf die Erhaltung und Ausgestaltung des Pflanzen*individuums* beziehen, unter dem Begriff der Fortpflanzung sind alle Vorgänge zusammengefasst, welche die Neubildung von Individuen und damit die Erhaltung der Pflanzen*art* bewirken.

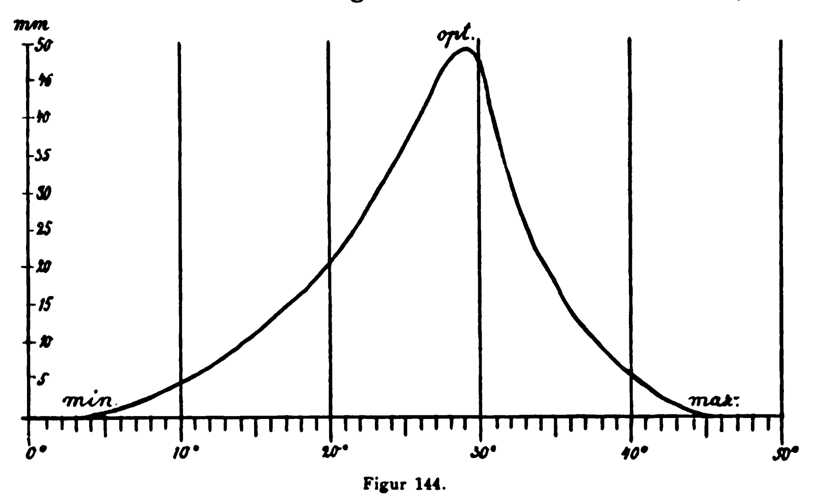
Erstes Kapitel. Das vegetative Leben.

1. Die Beziehungen der Pflanze zur Aussenwelt.

Alle Lebensäusserungen des Pflanzenkörpers sind als das Resultat des Zusammenwirkens zweier Faktoren anzusehen. Die äusseren Umstände unter denen der Pflanzenkörper sich befindet, liefern Stoff und Kraft für die Lebensvorgänge, die innere Struktur des Pflanzenkörpers ist massgebend für die Form, in welcher die Lebensäusserung in die Erscheinung tritt. Jeder Lebensvorgang ist anzusehen als das Endglied einer im Pflanzenkörper sich abspielenden complicirten Reihe chemischer und physikalischer Vorgänge, zu denen der Anstoss von den in der Aussenwelt gegebenen Lebensbedingungen gegeben wurde. Eine besondere Lebenskraft, deren Wirkungen nach anderen Gesetzen sich abspielten als die chemischen und physikalischen Processe, existirt nicht.

Unter den äusseren Umständen, welche für das Leben der Pflanze Bedeutung haben, sind als die wichtigsten zu nennen, die Wärme, das Licht, die Schwerkraft, das Vorhandensein von Wasser- und Nährstoffen und von Sauerstoff. Die Intensität der Schwerkraft und die den Pflanzen in der atmosphärischen Luft dargebotene Sauerstoffmenge sind in der Natur als constante Grössen gegeben; nur durch das Experiment ist es uns möglich, ihre Einwirkung auf den Pflanzenkörper zu modificiren.

Licht und Wärme, Wasser- und Nahrungszufuhr schwanken aber hinsichtlich der Intensität auch unter natürlichen Verhältnissen innerhalb weiter Grenzen. Die verschiedenen Intensitätsgrade, in denen die äusseren Lebensbedingungen der Pflanze dargeboten werden, üben auf die Lebensfunctionen derselben ganz verschiedene, oft geradezu entgegengesetzte Wirkungen aus. Während z. B. ein mittlerer Wärmegrad dem Wachsthum der Pflanzen förderlich ist, sehen wir bei sehr niederen und bei sehr hohen Temperaturen das Wachsthum gänzlich erlöschen. Man unterscheidet deshalb hinsichtlich der Einwirkung der äusseren Umstände auf die Lebensfunctionen der Pflanzen drei Intensitätsgrade als sogenannte Cardinalpunkte, das Minimum, das Optimum und das Maximum. Das Minimum ist derjenige niederste Intensitätsgrad des Lichtes, der Wärme, oder der Stoffzufuhr, bei welchem die Lebensäusserungen der Pflanze überhaupt beginnen. Sinkt der Intensitätsgrad unter das Minimum herab, so tritt



Figur 144.

Curve, welche das Längenwachsthum der Wurzel einer dicotylen Pflanze in gleichen Zeiträumen unter dem Einfluss verschieden hoher Temperatur darstellt.

zunächst eine Sistirung der Lebensfunctionen und endlich der Tod ein. Als Optimum bezeichnet man denjenigen mittleren Stärkegrad der äusseren Einflüsse, der für die Lebensvorgänge der Pflanze am zuträglichsten ist. Das Maximum endlich gibt diejenige Intensitätshöhe der äusseren Einwirkung an, oberhalb welcher keine Aeusserung der Lebensfunctionen mehr wahrnehmbar ist. Man pflegt die Einwirkung der äusseren Umstände auf die Lebensthätigkeit der Pflanze in einer auf rechtwinklige Coordinaten bezogenen Kurve darzustellen, für welche die Intensität der äusseren Lebensbedingungen die Abscissen, die Intensität der Lebensvorgänge in der Pflanze die Ordinaten liefern. In Figur 144 ist z. B. die Einwirkung der Wärme auf das Wachsthum der Wurzel einer einheimischen Pflanze in dieser Weise dargestellt. Der Verlauf der Kurve ergiebt, dass etwa bei + 4 Grad das Wachsthum beginnt, dass bei 28 Grad die Wurzel am kräftigsten wächst, und dass bei Temperaturen von 45 Grad und darüber

das Wachsthum gänzlich aufhört. Die einzelnen Pflanzenarten zeigen hinsichtlich der Lage der drei Cardinalpunkte individuelle Verschiedenheiten, welche aus dem Bau des Pflanzenkörpers und der Organisation der lebenden Substanz erklärt werden müssen. Es sollen im Folgenden die Wirkungen der verschiedenen äusseren Umstände mit Beziehung auf diese Thatsache kurz besprochen werden.

Die Wärme. Die Theile des Pflanzenkörpers besitzen im Allgemeinen annähernd dieselbe Temperatur, wie die sie umgebenden Medien, Erde, Wasser und Luft. Temperaturunterschiede können einmal dadurch entstehen, dass die Wärme des Mediums, wie es ja bei der Luft nicht selten ist, plötzlich wechselt. Sodann aber werden auch durch chemische und physikalische Prozesse im Innern des Pflanzenkörpers Temperaturschwankungen erzeugt, welche bisweilen im Stande sind, auf längere Zeit eine Temperaturdifferenz zwischen der Pflanze und ihrer Umgebung zu unterhalten. So wird z. B. von den oberirdischen Theilen der Pflanzen durch Strahlung Wärme abgegeben, ferner wird in ihnen bei dem Process der Wasserverdunstung Wärme gebunden, so dass häufig die Eigenwärme des Pflanzenkörpers um eine messbare Grösse hinter der Aussenwärme zurücksteht. Dagegen kann der intensive Athmungsprozess in keimenden Samen, in aufblühenden Blüthenknospen u. a. m. eine zeitweilige Erhöhung der Temperatur gegenüber der Umgebung bewirken.

Der Skalenabschnitt des hunderttheiligen Thermometers von 0 Grad bis zu 50 Grad bezeichnet ungefähr die Temperaturgrenzen, innerhalb welcher bei unsern einheimischen Pflanzen überhaupt Lebensvorgänge sich abspielen können. Nehmen wir die Pflanzen anderer Himmelsstriche mit in Betracht, so verschieben sich die Zahlen etwas. An arktischen Algen sind z. B. selbst in dem einige Grade unter 0 abgekühlten Meerwasser noch Lebenserscheinungen beobachtet worden und bei vielen Pflanzen des tropischen und subtropischen Gebietes liegt das Minimum der zum Leben nöthigen Wärme mehr oder minder weit über dem Gefrierpunkt. Eine entsprechende Verschiebung kann auch bezüglich des Wärmemaximums stattfinden, und während das Optimum, die Temperatur, in welcher die gedeihlichste Entwickelung stattfindet, für die einheimischen Gewächse zwischen 25 und 35 Grad liegt, ergeben sich für die arktischen und für die tropischen Pflanzen entsprechend niedere beziehungsweise höhere Zahlen.

Gegen die Temperaturen, welche unterhalb des Minimums liegen, verhalten sich die Vegetationskörper der einzelnen Pflanzen sehr verschieden. Es spielt dabei offenbar der Wassergehalt der Gewebe eine grosse Rolle. Die Flechten, viele Pilze und Moose, die Bäume und Sträucher im Winterzustande, die Rhizome der Stauden und die Sporen und Samen der Pflanzen können ziemlich hohe Kältegrade ertragen ohne zu sterben. Sie nehmen bei Wiedereintritt wärmerer Witterung ihre Lebensthätigkeit wieder auf. Saftige Pflanzentheile dagegen, wie die Blätter und Blüthen der Bäume und Sträucher, die krautigen Theile der Stauden und die Kräuter erleiden meist schon bei Temperaturen wenig unter dem Gefrierpunkt Veränderungen, welche ihr Absterben herbeiführen. Meistens ist dabei der Mangel an genügender Wasserzufuhr als direkte Todesursache

anzusehen. Während nämlich die Wasseraufnahme durch die Wurzeln in der Kälte sistirt ist, geht die Wasserverdunstung aus den saftigen Organen ungehindert fort, so dass ein Vertrocknen und damit der Tod der Zellen eintritt. Wirkliche Eisbildung findet im Innern der Pflanzen erst statt, wenn die Temperatur einige Grade unter den Gefrierpunkt gesunken ist. Es tritt dann ein Theil des Wassers aus den Zellen in die Intercellularräume und erstarrt dort zu nadelförmigen Krystallen. Dieser Vorgang tödtet an sich die Zellen noch nicht und es gelingt bisweilen, wenn man durch langsames Aufthauen den Zellen Gelegenheit gibt, das ausgeschiedene Wasser wieder aufzunehmen, gefrorene Pflanzentheile wieder ins Leben zu bringen. Im gewöhnlichen Verlauf der Dinge geht aber das abgegebene Wasser durch Verdunstung verloren, oder es erfüllt bei plötzlichem Aufthauen die Intercellularräume und bringt dadurch die Pflanzentheile zum Absterben.

Temperaturgrade, welche über dem Maximum liegen, bewirken in saftigen Pflanzentheilen ein Gerinnen des Protoplasmas und damit den Tod der Zellen. Trockene Pflanzentheile können dagegen ohne Schaden höhere Wärmegrade ertragen. Trockene Sporen und Samen verlieren selbst bei Erhitzen auf 100 Grad ihre Keimfähigkeit nicht. Die Sporen einiger Spaltpilze halten sogar ein längeres Liegen in kochendem Wasser ohne Schaden aus.

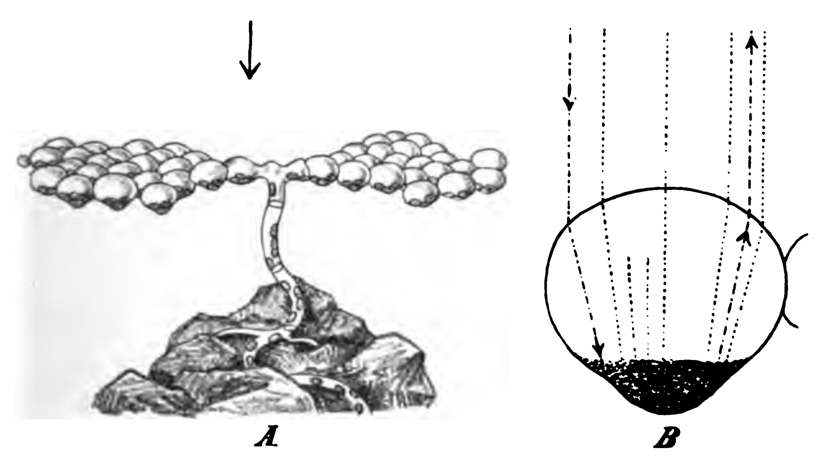
Das Licht. — Wie bei Besprechung der Wärme können wir auch hier zunächst die Frage aufstellen, ob die Pflanzen im Stande sind, eigenes Licht zu erzeugen. Im Allgemeinen ist das nicht der Fall, nur bei einigen niederen Pflanzen, Bacterien und Pilzen, ist ein Selbstleuchten in Folge intensiver Athmung nachgewiesen worden. So leuchtet z. B. das Mycel des einheimischen, im Holz der Bäume schmarotzenden Hutpilzes Agaricus melleus im Dunkeln mit schwachem, phosphorartigem Scheine. In anderen Fällen, in denen eine Lichtausgabe bei Pflanzen constatirt werden kann, handelt es sich um Reflection des aufgenommenen Tageslichtes. So finden wir an den Vorkeimen des in Felshöhlen wachsenden Laubmooses Schistostega osmundacea wasserhelle, kugelförmige Zellen, in denen an der vom einseitig einfallenden Lichte abgewendeten Seite einige Chlorophyllkörper liegen (Fig. 145). Die Lichtstrahlen werden in Folge der Strahlenbrechung im vorderen Theil der Zelle auf die Gruppe der Chlorophyllkörper vereinigt und kehren von dort, soweit sie nicht absorbirt werden, auf dem gleichen Wege zurück, so dass die Pflänzchen dem Auge des Beschauers im smaragdgrünen Glanze erscheinen.

Was nun das Lichtbedürfniss der Pflanzen anbetrifft, so kann zunächst der allgemeine Satz aufgestellt werden, dass alle grüngefärbten Pflanzentheile wenigstens zeitweilige Beleuchtung erfordern, um ihre Functionen zu erfüllen. Lassen wir Samen einer grünen Pflanze unter Lichtabschluss keimen, so entwickeln sich die Keimlinge nicht in normaler Weise. Es entstehen bleichgelbliche Pflanzen von abnormer Gestalt, welche nach kurzer Entwickelungsdauer zu Grunde gehen. Man bezeichnet solche Pflanzen als etiolirte Pflanzen, die Gesammtheit der durch die Verdunkelung an ihnen hervorgerufenen Erscheinung als Etiolement. Die auffälligste Erscheinung an etiolirten Pflanzen ist das Ausbleiben der Chlorophyllbildung

in den Zellen des Assimilationsgewebes, nur in wenigen Ausnahmefällen, z. B. bei den Keimpflanzen der Nadelhölzer, bildet sich auch im Dunkeln der Farbstoff aus.

Der Nachtheil, welchen erwachsene mit Chlorophyll versehene Pflanzen durch den gänzlichen Lichtabschluss erleiden, beruht, abgesehen von der Etiolirung der im Dunkeln sich entwickelnden Theile, hauptsächlich darin, dass die Kohlensäurezersetzung, ein wichtiger Faktor bei dem Aufbau der organischen Substanzen im Pflanzenkörper, gänzlich unterbleibt, — eine tiefgreifende Ernährungsstörung, durch welche endlich der Tod der Pflanze herbeigeführt werden muss.

Die angeführten Thatsachen lehren, dass für die grünen Pflanzen das Minimum der Lichtintensität über dem Nullpunkt liegt. Das Belichtungsoptimum, der Grad der Helligkeit, welcher die Lebensfunctionen am meisten begünstigt, ist für die einzelnen mit Chlorophyll versehenen Gewächse



Figur 145.

A Vorkeim des Leuchtmooses Schistostega osmundacea. **B** Schema des Strahlenganges in einer einzelnen Vorkeimzelle. Die Pfeile deuten die Richtung der Lichtstrahlen an (nach Noll.)

sehr verschieden. Viele Rothalgen gedeihen in grossen Meerestiefen, zu denen nur ein sehr gedämpftes Licht hinabdringt. Viele Moose und Farne und auch manche Blüthenpflanzen wachsen im tiefsten Waldesschatten oder im Halbdunkel von Felsspalten und Höhlen. Die meisten höheren Pflanzen dagegen bedürfen zu ihrer gedeihlichen Entwickelung zeitweiliger Beleuchtung durch direktes Sonnenlicht und dem Pflanzenwuchs sonniger Berghänge, den Steppenpflanzen und Wüstenpflanzen ist selbst eine täglich wiederkehrende Einwirkung grellsten Sonnenlichtes zuträglich. Entsprechend der wechselnden Lage des Optimums ist auch das Helligkeitsmaximum für die einzelnen Pflanzenarten verschieden. Den Schattenpflanzen schadet längere Einwirkung des direkten Sonnenlichtes. Für die Pflanzen, welche diesen höchsten in der Natur dargebotenen Helligkeitsgrad ertragen, ist es schwer, ein Maximum der Beleuchtungsintensität festzustellen. Versuche,

welche mit concentrirtem Sonnenlicht angestellt wurden, machen es wahrscheinlich, dass eine zeitweilige Steigerung der Lichtstärke dauernde Schädigung des Clorophyllapparates hervorzurufen vermag.

Die chlorophyllfreien Pflanzen, z. B. die Pilze, verhalten sich in Beziehung auf das Lichtbedürfniss verschieden. Während einige bei dauerndem Lichtabschluss ein in Gestaltveränderungen oder in functionellen Störungen sich äusserndes Etiolement erfahren, können andere ohne Schaden im Dunkeln wachsen, die vegetativen und reproductiven Processe spielen sich bei ihnen im Licht wie im Dunkeln in gleicher Weise ab. Manche chlorophyllfreien Pflanzen erfahren durch die Beleuchtung sogar eine Verzögerung ihrer Entwickelung oder werden gar durch Licht von gewisser Intensität getödtet. Setzt man z. B. einen festen Nährboden, in welchem entwickelungsfähige Typhusbacterien gleichmässig vertheilt sind, in einzelnen Theilen dem direkten Sonnenlicht aus, während man andere Theile etwa durch darübergelegte Staniolstreifen beschattet, so werden die Keime in den von der Sonne beschienenen Theilen getödtet. Nur in den beschatteten Theilen der Gelatine entwickeln sich die Spaltpilze zu makroskopisch erkennbaren Colonien (Fig. 146).



Figur 146.

Culturplatte von Typhusbacillen, welche nach der Aussaat theilweise dem Sonnenlicht ausgesetzt war. Einzelne Stellen waren dabei durch aufgelegte Staniolstreifen, welche das Wort Typhus bildeten, beschattet. Nur dort haben sich Bacteriencolonien entwickelt, so dass die Buchstaben jetzt in der durchsichtigen Platte deutlich hervortreten (nach Buchner).

Neben der Intensität ist auch die Richtung der Lichtstrahlen von Bedeutung. Solange eine Pflanze allseitig annähernd gleichmässig nur von diffusem Licht getroffen wird kommt diese Art der Lichtwirkung natürlich nicht zur Geltung, sobald aber der Pflanzenkörper einseitig beleuchtet wird, können in demselben Bewegungserscheinungen hervorgerufen werden, deren Endresultat zu der Richtung der Lichtstrahlen in bestimmter Beziehung steht. Man bezeichnet die Fähigkeit der Pflanzen, durch Bewegungen auf die Einwirkung einseitiger Beleuchtung zu reagiren, als Heliotropismus. Da hierbei die Art der Lichteinwirkung nur den Anstoss zu der Lebensäusserung gibt, die dadurch ausgelöste Reihe chemischer und physikalischer Vorgänge, welche die heliotropische Bewegung bewirken, aber nicht als direkte Fortwirkung des Lichteinflusses angesehen werden kann, so gehört der Heliotropismus in das Gebiet der Reizerscheinungen, welches später im Zusammenhang behandelt werden soll.

Die Schwerkraft. — Die Intensität der Schwerkraft ist überall auf der Erde annähernd dieselbe. Die geringen Unterschiede, welche in verschiedenen Meereshöhen und in verschiedenen Breiten bemerkbar sind, lassen keinen Einfluss auf die Pflanzenwelt erkennen.

Die Richtung, in welcher die Schwerkraft den Pflanzenkörper trifft, steht zu der Wachsthumsrichtung der Organe in Beziehung. So wächst z. B. die Hauptwurzel der meisten Pflanzen mit der Richtung der Schwerkraft senkrecht abwärts; die meisten Sprosse dagegen erheben sich entgegen der Richtung der Schwerkraft senkrecht nach oben. Wenn wir die Pflanzen aus ihrer normalen Lage bringen, ohne ihre sonstigen Lebensbedingungen zu ändern, so werden durch die in veränderter Richtung einwirkende Schwerkraft Bewegungen veranlasst, welche dahin führen, dass die Organe wieder ihre normale Lage zum Erdradius gewinnen. Diese Bewegungen, welche ja zum Theil wie das Aufsteigen der Sprosse direkt der Gravitation entgegenwirken, sind als Reizwirkungen anzusehen, für welche die in veränderter Richtung einwirkende Schwerkraft nur die Auslösung bewirkt. Man bezeichnet die Reizbarkeit, welche die Pflanzen befähigt ihre Organe in eine bestimmte Lage zur Richtung der Schwerkraft zu stellen, als Geotropismus. Wir werden uns mit derselben später in einem besonderen Abschnitt näher zu beschäftigen haben.

Wasser und Nährstoffe. — Das Wasser gehört zu den wichtigsten Lebensbedingungen der Pflanzen, ohne Wasser müssen alle Lebenserscheinungen aufhören. Die Menge des zum Leben nöthigen Wassers ist aber für die einzelnen Pflanzen sehr verschieden. Während sehr viele Wasserpflanzen mit ihrem ganzen Vegetationskörper im Wasser leben und oft schon durch kurze Unterbrechung des vollen Wassergenusses getödtet werden, sind die meisten Landpflanzen im Stande auch einem verhältnissmässig trockenen Erdboden mit ihren Wurzeln die nöthige Wassermenge zu entziehen. Manche Arten sind mit Einrichtungen versehen, welche ihnen gestatten, Wasser in ihrem Innern aufzuspeichern; sie werden dadurch in den Stand gesetzt, auch zu Zeiten, in denen ihnen von aussen kein Wasser zugeführt wird, ihre Lebensprocesse zu unterhalten. Wieder andere Formen, z. B. die meisten Moose und Flechten, können ohne dauernden Schaden zeitweilige Austrocknung ertragen, eine Eigenthümlichkeit, welche auf die Beschaffenheit ihres Protoplasmas zurückzuführen ist.

Mit dem Wasser werden von der Pflanze die anorganischen Nährsalze aufgenommen, ausser ihnen kommt als Nährstoff noch die Kohlensäure der Luft in Betracht. Das Mengenverhältniss, in welchem die Nährsalze und die Kohlensäure den aufnehmenden Pflanzenorganen zur Verfügung stehen, ist für die Lebensverrichtungen der Pflanze nicht ohne Bedeutung. Zu geringe Mengen der Nährstoffe schädigen selbstverständlich den Ernährungsprocess; aber auch zu grosse Mengen können schädlich wirken, indem sie Wachsthumshemmungen hervorrufen oder in anderer Weise die Lebensthätigkeit der Pflanze ungünstig beeinflussen.

Der Sauerstoff. — Der Sauerstoff ist allen höheren und den meisten niederen Pflanzen zur Unterhaltung ihrer Lebensprocesse unbedingt nöthig. Nur einige gährungerzeugende Pilze und Bakterien sind im Stande, bei Sauerstoffabschluss zu leben, bei allen übrigen werden durch Entziehung des Sauerstoffes die Lebensäusserungen sistirt, es tritt ein Zustand latenten Lebens ein, den man als Asphyxie bezeichnet. Wird nach einer nicht zu langen Zeit der Pflanze wieder Sauerstoff zugeführt,

so weicht der Starrezustand und die Lebensfunctionen setzen allmählich wieder ein; längeres Verbleiben im sauerstofffreien Raum führt den Tod der Pflanze herbei.

Den Wasserpflanzen steht der im Wasser absorbirte Sauerstoff zur Verfügung. Den Landpflanzen liefert für ihre oberirdischen Organe die atmosphärische Luft den Sauerstoff, aber auch die unterirdischen Theile bedürfen des Gases. Gewöhnlich findet sich in den Hohlräumen zwischen den einzelnen Bodenpartikelchen und in dem den Boden durchtränkenden Wasser absorbirt eine genügende Sauerstoffmenge vor. In luftarmem Sumpfboden, oder wenn durch Verschlämmung des Bodens — etwa durch zu reichliches Begiessen einer Topfpflanze — die Luft aus dem Boden verdrängt wird, können die unterirdischen Organe der Pflanzen nicht gedeihen, es sei denn, dass sie wie die auf Seite 25 (Figur 30) erwähnte Jussiaea besondere Organe besitzt, welche einen Zutritt der atmosphärischen Luft auch zu den im Boden steckenden Theilen ermöglicht.

Die Menge des Sauerstoffes, welche den Pflanzen in der Atmosphäre dargeboten ist, beträgt ungefähr 21 Procent. Wenn man den Sauerstoffgehalt der Luft künstlich steigert, so wird zunächst die Lebensthätigkeit der Pflanze noch befördert, steigt die absolute Sauerstoffmenge über ein bestimmtes Maass hinaus, so treten Störungen in dem Stoffwechsel ein, welche endlich den Tod der Pflanze herbeiführen.

2. Der Stoffwechsel.

Die Ernährung. — Als Ernährung bezeichnen wir die Vermehrung der Körpersubstanz eines Organismus. Die Stoffe, aus denen der Körper der Pflanzen zusammengesetzt ist, sind ausser dem Wasser der Hauptsache nach Kohlehydrate, Eiweisssubstanzen und Fette. Die grünen Gewächse vermögen die organischen Verbindungen im Innern ihres Körpers aus den anorganischen Elementarstoffen aufzubauen, so dass also zu ihrer Ernährung nur die Aufnahme von anorganischen Substanzen nöthig ist. Die aufgenommenen Stoffe werden als Nährstoffe bezeichnet. Die Pflanzen, denen der grüne Farbstoff mangelt, sind bei ihrer Ernährung auf die Aufnahme organischer Verbindungen angewiesen. Sie gewinnen die für sie nöthigen organischen Nährstoffe in verschiedener Weise. Entweder eignen sie sich Theile von abgetödteten, in Zerfall begriffenen Thier- und Pflanzenkörpern an — sie werden dann Saprophyten genannt, oder sie befallen als Schmarotzer oder Parasiten lebende Thiere oder Pflanzen und berauben dieselben unter mehr oder minder erheblicher Schädigung der zum eigenen Gedeihen nöthigen Stoffe. Als Insektivoren bezeichnet man eine Gruppe von Pflanzen, welche mit Hilfe besonderer Baueinrichtungen im Stande sind, lebende Thiere einzufangen und zu tödten, um die lösliche Körpersubstanz derselben zur eigenen Ernährung zu verwenden. Wir werden im Folgenden zunächst die Ernährungsverhältnisse der chlorophyllhaltigen Pflanzen besprechen und später auch auf die Eigenthümlichkeiten der Saprophyten und Parasiten und der Insektivoren kurz eingehen.

Die Herkunft der Nährstoffe. — Wenn wir die Substanzen, aus welchen der Pflanzenkörper besteht, durch chemische Analyse in ihre elementaren Bestandtheile zerlegen, so erhalten wir in allen Fällen Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Phosphor und Schwefel. Ausserdem treten in vielen Fällen noch Silicium, Natrium, Lithium, Aluminium, Zink, Mangan, Chlor, Jod, Brom und seltener auch Nickel, Kobalt, Kupfer, Strontium und Baryum in Pflanzenaschen auf. Nur die erstgenannten zehn Elemente sind also im Allgemeinen als wesentliche Bestandtheile des Pflanzenkörpers zu bezeichnen. In den Samen der Gewächse sind diese Elemente gleichfalls vorhanden, indess ist dort ihre Menge bedeutend geringer als in der aus dem Samen erwachsenen Pflanze. Es müssen also durch die Ernährung diese Elemente in den Pflanzenkörper eingeführt werden. Mit dem Wasser, welches den Erdboden durchtränkt, nehmen die Landpflanzen durch ihre Wurzeln zugleich die darin in kleinen Mengen gelösten phosphorsauren, schwefelsauren und salpetersauren Salze des Kalium, Calcium, Magnesium und Eisens auf, und erlangen damit alle die Elementarsubstanzen, welche für ihre Ernährung wesentlich sind, mit alleiniger Ausnahme des Kohlenstoffes. Der letztere stammt aus der Kohlensäure der atmosphärischen Luft und wird direkt von den oberirdischen grünen Theilen der Pflanzen aufgenommen und zum Aufbau der organischen Verbindungen verarbeitet.

Als eine Ausnahme von der Regel ist die Thatsache anzusehen, dass die Leguminosen zur Deckung ihres Stickstoffbedarfs auch den freien Stickstoff der Atmosphäre in einer bisher noch nicht genügend aufgeklärten Weise sich aneignen können.

Die untergetaucht lebenden Wasserpflanzen finden die Elementarstoffe überall in dem sie umgebenden Wasser vor und nehmen dieselben mit ihrer gesammten Körperoberfläche in sich auf. Die Kohlensäure entnehmen die Wasserpflanzen aus der im Wasser absorbirten Luft.

Um die Bedeutung der einzelnen anorganischen Nährstoffe für die Pflanze nachzuweisen, bedient man sich der künstlichen Ernährung. Ein hoher, mehrere Liter fassender Glascylinder wird mit destillirtem Wasser angefüllt, in welchem die anorganischen Pflanzennährstoffe in geringer Menge gelöst sind. Das Mengenverhältniss der einzelnen Substanzen kann innerhalb ziemlich weiter Grenzen verschieden sein, da die Pflanzen in Folge eines specifischen Wahlvermögens stets nur so viel aus der Lösung aufnehmen, als zu ihrem Gedeihen erforderlich ist. Indess ist eine allzu grosse Concentration der Nährsalze zu vermeiden, da dieselbe, wie wir gesehen haben, die Pflanzen schädigt. Als eine brauchbare Nährlösung kann die folgende empfohlen werden:

1000	Gr.	destillirtes Wasser,
0,5	„	Salpeter,
0,2	„	phosphorsaurer Kalk,
0,2	„	schwefelsaure Magnesia,
0,1	„	Eisenvitriol.

Auch das folgende Recept wird als brauchhare Nährlösung für Wasserkulturen empfohlen:

1000 Gr. destillirtes Wasser,
1 „ salpetersauren Kalk,
0,25 „ Chlorkalium,
0,25 „ schwefelsaure Magnesia,
0,25 „ phosphorsaures Kali,
einige Tropfen einer schwachen Eisenchloridlösung.

Das in dieser Lösung neben den unerlässlichen Nährstoffen noch vorhandene Chlor ist nicht unbedingt nothwendig für die Pflanzen, indess scheint es, dass in manchen Fällen die Basen in der Form von Chloriden besser von der Pflanze aufgenommen und verarbeitet werden können.



Figur 147.

Wasserkultur einer Maispflanze. Um die Einrichtung des Deckels und das Innere des Gefässes erkennbar zu machen, sind das zum Verschliessen des Spaltes im Deckel dienende Papier und die Papphülse des Glascylinders in der Zeichnung fortgelassen. Erklärung im Text auf Seite 150.

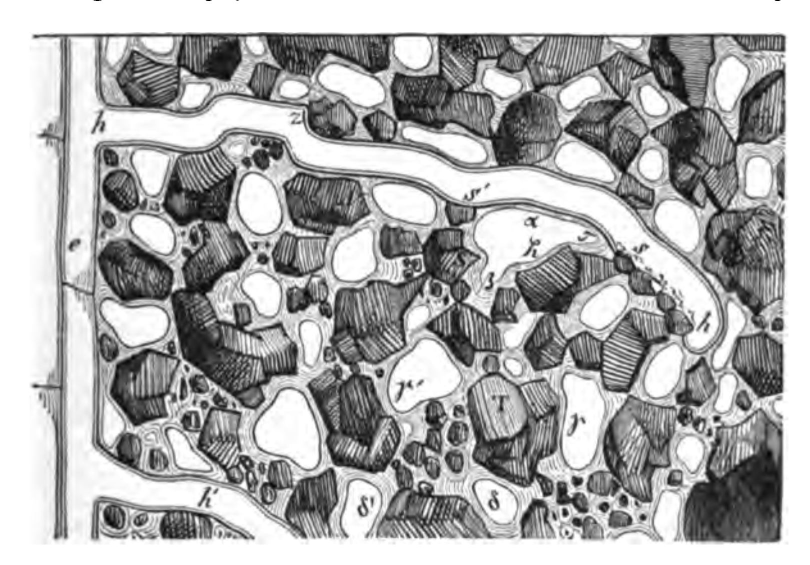
Den mit einer solchen Nährlösung gefüllten Cylinder bedecken wir mit einem Porzellandeckel, welcher einen etwa 1 cm breiten Einschnitt bis zur Mitte besitzt (Fig. 147). In dem Einschnitt befestigen wir mit einem Wattebausch eine Keimpflanze etwa von Zea Mais so, dass die Wurzel in die Nährlösung taucht, während die Sprossspitze über den Deckel emporragt. Der von der Maispflanze nicht eingenommene Theil des Einschnittes wird, um Pilzkeime fernzuhalten, mit weissem Papier überklebt, das zugleich zur Etikettirung der Versuchspflanze dient. Um die Ansiedelung von Algen in der Nährlösung zu verhindern, setzt man den Glascylinder in eine Hülse von undurchsichtiger Pappe. Die in der Nährlösung vorhandenen Stoffe genügen, um die Pflanze auch nachdem die im Samen vorhandenen Reservestoffe verbraucht sind, dauernd zu ernähren, man muss nur dafür sorgen, dass von Zeit zu Zeit ein Luftstrom durch die Nährlösung geleitet wird, damit es den sich reichlich entwickelnden Wurzeln nicht an Athemluft fehlt, und dass die Lösung ab und an erneuert wird.

Um nun darzuthun, dass die in der Nährlösung vorhandenen Elementarstoffe für das Gedeihen der Pflanzen unerlässlich sind, stellen wir verschiedene Nährlösungen her, in denen einzelne der nöthigen Elementarsubstanzen fehlen. Die Kultur von Pflanzen in solchen unvollständigen Lösungen

ergiebt als bemerkenswerthestes Resultat, dass sich die Keimlinge nur so lange normal entwickeln, als die in den Samen vorhandenen Reservestoffe ausreichen.

Aufnahme der Nährstoffe. — Der Körper der Landpflanzen ist wie wir früher gesehen haben, überall mit einer Hautschicht umgeben, welche für Wasser schwer durchlässig ist. Der Eintritt des Wassers und der darin gelösten anorganischen Stoffe kann deshalb nur an ganz bestimmten Stellen des Pflanzenkörpers, nämlich an den jüngsten Theilen der Wurzeln vor sich gehen.

Um die Wirkungsweise der Wurzel als Organ für die Aufnahme des Wassers und der Nährstoffe richtig zu erkennen, müssen wir zuerst eine Vorstellung von der physikalischen Beschaffenheit, von dem mikroskopischen



Figur 148.

Ausbreitung der Wurzelhaare im Erdreich. *T* Mikroskopisch kleine Bodentheilchen, welche von einer dünnen Wasserschicht umhüllt sind, γ, δ luftführende Zwischenräume. *e* Epidermis der Wurzel, *h* Wurzelhaar, bei *s* mit den Bodentheilchen verwachsen (nach Sachs).

Bau der die Wurzel umgebenden Erde zu gewinnen suchen. Die Erde, in welcher die Pflanzen wachsen, besteht zum grössten Theil aus kleinsten Gesteintrümmern von verschiedener chemischer Beschaffenheit. Zwischen diesen unregelmässig gestalteten Bodentheilchen bleiben kleine Hohlräume, welche zum Theil mit Luft erfüllt sind. Das im Boden enthaltene Wasser überzieht in mehr oder minder mächtiger Schicht die einzelnen Bodentheilchen und kleidet also gewissermassen die Hohlräume zwischen denselben aus (Fig. 148).

An den jüngsten Theilen der Wurzeln wachsen die Oberflächenzellen zu Wurzelhaaren aus, dieselben schieben sich bei ihrem Wachsthum zwischen die kleinen Gesteintheilchen des Erdbodens hinein und verwachsen innig mit denselben. Wenn man eine Wurzel vorsichtig aus dem Boden

herausnimmt, so findet man die jüngsten Theile derselben stets mit Erdtheilen bedeckt, welche durch die Wurzelhaare festgehalten werden. Die Wurzelhaare sind zarte Schläuche, sie besitzen eine dünne Cellulosewand, welche dem Wasser den Durchtritt auf osmotischem Wege ermöglicht. Die Aufnahme des Wassers durch die Wurzeln der Pflanzen lässt sich durch ein einfaches Experiment erläutern, welches zugleich über die Menge des aufgenommenen Wassers Aufschluss gibt. Die in Fig. 149 dargestellte weithalsige Flasche besitzt unten seitlich ein kurzes Ansatzrohr, in welches die rechtwinklig gebogene graduirte Röhre mit einem Gummistopfen wasserdicht eingefügt ist. In die ganz mit Wasser angefüllte Flasche wird eine Pflanze mit Hülfe eines halbirten Korkstopfens so eingesetzt, dass die Wurzel sich im Wasser befindet, der Spross aber über den Hals der Flasche hervorragt. Die Einfügungsstelle im Hals der Flasche wird ringsherum vermittelst eines aus Wachs und Kolophonium zusammengeschmolzenen Kittes luftdicht verkittet. Der Wasserspiegel in der graduirten Röhre wird mit einer Oelschicht bedeckt und dadurch vor Verdunstung geschützt. Nach Einsetzung der Pflanze wird das Niveau des Wassers in der graduirten Röhre an der Theilung abgelesen. Nach einiger Zeit ist das Wasser in dem Rohr gesunken und die erneute Ablesung ergibt die Menge des von der Pflanze aufgenommenen Wassers.



Figur 149.

Apparat (nach Pfeffer) zur Messung der von der Wurzel einer Pflanze aufgenommenen Wassermenge. Erklärung im Text auf Seite 152.

Die Wasseraufnahme durch die Wurzel wird von der Temperatur beeinflusst. Wenn die Wärme innerhalb gewisser Grenzen steigt, so wird die Saugthätigkeit der Wurzel erhöht; wenn dagegen der Boden sich abkühlt, so verringert sich die Menge des aufgenommenen Wassers. Die Hemmung der Wasseraufnahme durch niedere Temperatur kann selbst soweit gehen, dass die aufgenommene Wassermenge nicht mehr für den Verbrauch der oberirdischen Pflanzentheile ausreicht. Die saftigen Pflanzentheile gehen dann durch Vertrocknen zu Grunde. Spätfröste im Frühling veranlassen auf diese Weise öfters das Absterben der schon ausgetriebenen Blätter und jungen Sprosse der Waldbäume. Man pflegt diese Erscheinung als das Erfrieren der Pflanzen zu bezeichnen. In Wirklichkeit handelt es sich aber um ein Vertrocknen, welches durch die Einwirkung der Kälte auf die Wurzel verursacht wurde.

In dem mit den Bodentheilen in steter Berührung befindlichen Wasser sind die für die Pflanze nöthigen anorganischen Stoffe immer wenn auch in äusserst geringer Menge gelöst, so dass mit der Aufnahme des Wassers

zugleich auch die Nährsalze dem Pflanzenkörper zugeführt werden. Indess sind auch die Wurzeln der Pflanzen im Stande, durch Ausscheidung einer Säure gewisse feste Bodenbestandtheile zu lösen und dadurch zur Aufnahme durch die Wurzelhaare vorzubereiten. Legt man z. B. in die Erde eines Blumentopfes, in welchem eine Pflanze kultivirt wird, eine polirte Marmorplatte, so findet man nach einiger Zeit die polirte Platte überall dort wo sie mit dem Wurzelsystem der Pflanze in Berührung kam, deutlich angeätzt.

Als Eingangsöffnungen für die Kohlensäure in den Pflanzenkörper sind bei den höheren Gewächsen die Spaltöffnungen anzusehen. Sie stellen eine offene Verbindung zwischen der in den Intercellularräumen enthaltenen inneren und der äusseren Luft her. Die an die Intercellularräume grenzenden Zellen des Assimilationsgewebes entnehmen die Kohlensäure direkt aus der Luft der Intercellularen, und durch die Spaltöffnungen hindurch findet fortgesetzt ein Ausgleich des Kohlensäuregehaltes der innern und äussern Luft statt. Bei den Wasserpflanzen und bei vielen niederen Chlorophyllpflanzen, deren Oberhaut nicht durch eine starke Cutikula für den Gasdurchtritt unwegsam gemacht wird, tritt die Kohlensäure direkt aus der Umgebung in die Zellen der Pflanze ein.

Figur 150.

Versuch zur Bestimmung der von einer Pflanze in einer gewissen Zeit verdunsteten Wassermenge. Erklärung im Text auf S. 154.

Der Transport des Wassers und der Bodensalze im Pflanzenkörper. — Der Vorgang, durch welchen im Pflanzenkörper aus der Kohlensäure, das Licht und dem aus dem Boden entnommenen Wasser die Kohlenstoffverbindungen erzeugt werden, wird Assimilation genannt. Die Assimilation findet in dem Assimilationsgewebe der oberirdischen Pflanzentheile, vor allen Dingen also in den Blättern, statt. Während, wie wir gesehen haben, die Kohlensäure der Luft direkten Zutritt zu diesen Organen hat, ist es nöthig, dass das durch die Wurzeln aufgenommene Wasser mit den darin gelösten Nährsalzen zu ihnen transportirt wird.

Die Menge des bei der Assimilation zum Aufbau der Kohlehydrate verbrauchten Wassers ist gering. Viel bedeutender ist die Wassermenge, welche durch Verdunstung von den Zellen abgegeben wird. Man bezeichnet die Abgabe von Wasserdampf durch die Pflanze als Transpiration. Wir

können uns den Vorgang im Allgemeinen so vorstellen, dass die Zellen des Assimilationsgewebes Wasser in Dampfform in die Intercellularräume abscheiden, von wo es durch die Spaltöffnungen in die Atmosphäre gelangt. Der dadurch entstehende Verlust wird zunächst aus den weiter rückwärts liegenden Zellen gedeckt, welche ihrerseits aus den Gefässbündeln ihren Wasserbedarf entnehmen. Die Wasserbewegung, welche in dieser Weise gewissermassen durch eine von den transpirirenden Zellen ausgehende Saugung veranlasst ist, wird als Transpirationsstrom bezeichnet.

Die Abgabe von Wasser in Dampfform durch die Pflanze lässt sich leicht durch einige Experimente demonstriren. An einer Topfpflanze werden die Wände des Topfes und die Oberfläche der Erde durch Ueberbinden mit Guttaperchapapier gegen Wasserverdunstung geschützt und die Pflanze mit einer Glasglocke überdeckt. Durch die Transpiration der Pflanze wird die unter der Glocke abgeschlossene Luftmenge mit Wasserdampf gesättigt, der sich theilweise in Form von Wassertropfen an den Wänden der Glocke niederschlägt.

Um über die Menge des durch Transpiration von der Pflanze abgegebenen Wassers eine Vorstellung zu gewinnen, dient der folgende Versuch.

Man bringt eine beblätterte Topfpflanze, bei welcher Topf und Erde in ähnlicher Weise gegen Abgabe von Wasser an die Luft geschützt sind, auf die eine Schale einer Waage und stellt durch Auflegen von Gewichten auf die andere Schale das Gleichgewicht her. Schon nach kurzer Zeit hat sich, hauptsächlich durch die Transpiration, das Gewicht der Pflanze soweit vermindert, dass die Schale mit den Gewichten nach unten sinkt (Fig. 150). Indem man durch Auflegen von Gewichten auf die Schale mit der Pflanze das Gleichgewicht wieder herstellt, kann man bestimmen, wieviel die Gewichtsabnahme einer Pflanze in einer bestimmten Zeit beträgt. Indes ist die gefundene Gewichtsdifferenz nicht genau auf die Rechnung der Transpiration zu setzen, da während der Versuchszeit auch noch durch andere Vorgänge, durch Assimilation und durch Athmung eine wenn auch geringe Beeinflussung des Gewichtes der Pflanze im positiven oder negativen Sinne stattgefunden haben kann.

Die Menge des durch Verdunstung von der Pflanze abgegebenen Wassers ist von den äusseren Umständen abhängig. Wenn der Wassergehalt der Atmosphäre sich dem Sättigungsgrade nähert, wird die Transpiration der Pflanzen auf ein Minimum beschränkt.

Die Spaltöffnungen, welche wie wir gesehen haben, bei den höheren Pflanzen die Ausgangsöffnungen für den Wasserdampf darstellen, beeinflussen durch ihre Formänderung die Transpiration. Wenn die Spalten geschlossen sind, so wird das Ausströmen des die Intercellularräume erfüllenden Wasserdampfes sehr verlangsamt und in Folge dessen auch die Wasserabgabe der Zellen bedeutend erschwert. Im Lichte sind, wenn den Pflanzen genügende Wassermengen zur Aufnahme zur Verfügung stehen, die Spaltöffnungen weit offen und gestatten eine reichliche Transpiration. Die Pflanzen der Wüsten und Steppen, die Pflanzen, welche auf einem sehr salzhaltigen Boden oder in kaltem Sumpfboden wachsen, sind aus verschiedenen Ursachen auf eine geringe Wasseraufnahme

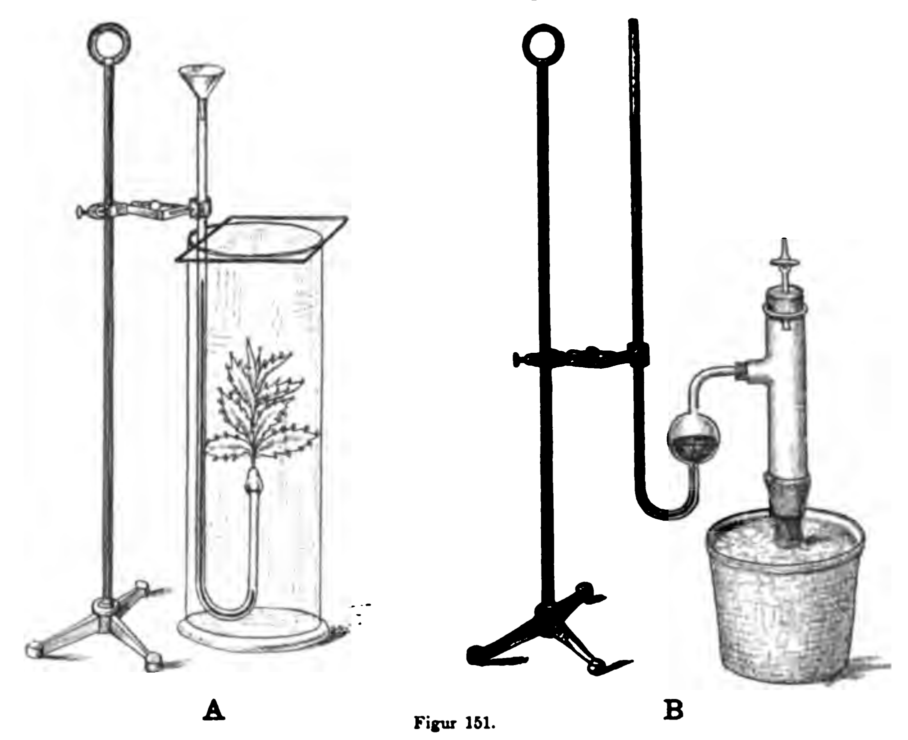
angewiesen. Wir finden dementsprechend bei ihnen besondere Einrichtungen, welche geeignet sind, die Transpiration herabzusetzen. In dem Abschnitt über die Morphologie der Pflanzen haben wir in der Ausbildung von Rollblättern und Schuppenblättern, in der Unterdrückung der Blattbildung bei den Stammsucculenten, in der Entwickelung einer dicken Cuticula, deren Wirkung oft noch durch Auf- oder Einlagerung von Wachs erhöht wird, derartige Einrichtungen kennen gelernt. Häufig sind die Spaltöffnungen bei derartigen Gewächsen in Rillen oder Falten der Oberfläche der Blätter oder Sprosse eingesenkt, oder der Austritt des Wasserdampfes wird durch eine dichte Behaarung der Oberfläche erschwert.

Das früher angeführte Beispiel, dass in kalten Frühlingsnächten die jungen Triebe der Bäume vertrocknen, weil die Wurzeln in dem stark abgekühlten Boden nicht die genügende Wassermenge aufzunehmen vermögen, beweist, dass die Menge des durch die Wurzel aufgenommenen Wassers von dem Wasserverbrauch in den oberirdischen Organen nicht direkt beeinflusst wird. Umgekehrt wie hier kann auch die Menge des von der Wurzel aufgenommenen Wassers den Bedarf in dem Sprosse bedeutend übersteigen. Das Wasser wird dann von der Wurzel her mit einer gewissen Kraft in den Spross hineingepresst und kann bei genügend grosser Differenz zwischen Zufuhr und Verbrauch in Tropfenform an den Blättern hervorgepresst werden. Wenn wir z. B. ein in einem Topf ausgepflanztes Exemplar von Alchemilla vulgaris, um die Transpiration möglichst zu verringern, mit einer gut schliessenden Glasglocke überdecken und durch Erwärmung vom Boden her die Thätigkeit der Wurzel in dem gut durchfeuchteten Erdreich möglichst steigern, so sehen wir schon nach kurzer Zeit an den Blattzähnen Wassertropfen hervortreten. Im Sommer kann man, wenn nach warmen Nächten durch hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft die Transpiration der Gewächse vermindert ist, diese Erscheinung auch in der freien Natur beobachten, sie darf nicht verwechselt werden mit der Thaubildung, welche darauf beruht, dass die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit sich auf den in Folge der Wärmestrahlung unter die Temperatur der Luft abgekühlten Pflanzentheilen niederschlägt.

Bei vielen Gewächsen erfolgt die Ausscheidung des tropfbaren Wassers durch die an den Blättern vorhandenen Wasserspalten, in anderen Fällen, z. B. bei vielen Grasblättern, dringen die Tropfen aus Rissen in der Epidermis hervor, oder sie werden an zarteren Stellen der Oberhaut durch die mit Wasser durchtränkte Zellwand hervorgepresst.

Dass der Austritt des tropfbaren Wassers wirklich durch Druckkräfte veranlasst werden kann, lehrt der folgende einfache Versuch. In den kurzen Schenkel eines ungleichschenkligen U-Rohres wird ein abgeschnittener Spross von Impatiens noli tangere oder Balsamine luftdicht eingekittet, so dass seine Schnittfläche in das in der Röhre befindliche Wasser taucht (Fig. 151 **A**). In den langen Schenkel des Rohres wird Quecksilber geschüttet. Um die Transpiration des Sprossstückes herabzusetzen, wird der ganze Apparat in einen Glascylinder gesetzt. Der durch eine Quecksilbersäule von ca. 30 cm Höhe ausgeübte Druck genügt, um in kurzer Zeit an den Blattzähnen Wassertropfen hervortreten zu lassen.

Die Kraft, durch welche das von der Wurzel aufgenommene Wasser in den Spross hineingepresst wird, heisst Wurzeldruck. Um von der Grösse dieser Kraft eine Vorstellung zu gewinnen, schneiden wir von einer gutbewurzelten Topfpflanze den Spross ab und fügen an den Stumpf wasserdicht ein weites Glasrohr an, welches an der Seite ein Ansatzrohr besitzt (Fig. 151 **B**). An das Ansatzrohr wird eine ungleichschenklige **U**-Röhre, deren kurzer Schenkel nochmals rechtwinklig gebogen und zwischen den Biegungsstellen kugelig aufgeblasen ist, wasserdicht befestigt. Das obere Ende der weiten Glasröhre wird mit einem gutschliessenden Gummistopfen



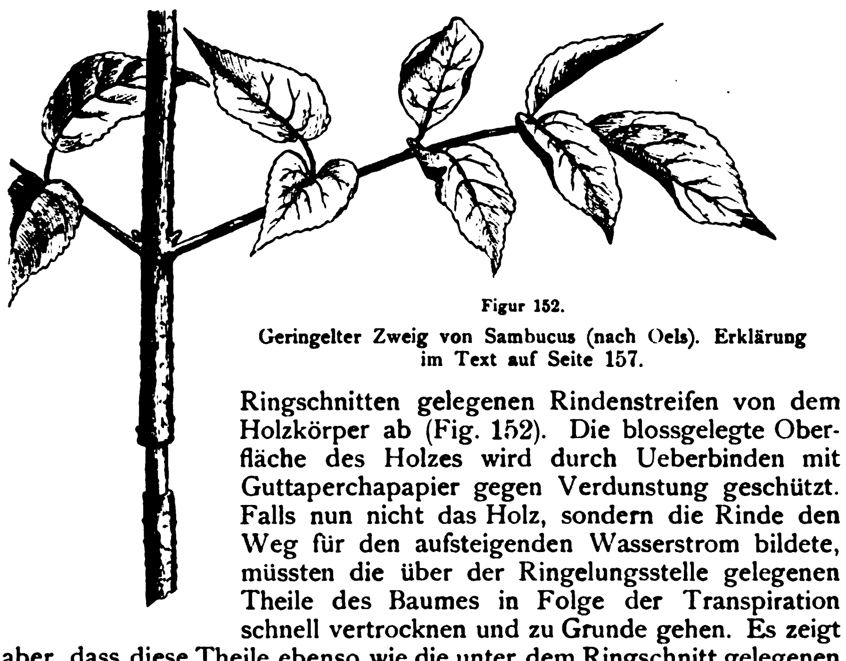
Figur 151.

A Apparat zum Nachweis der Thatsache, dass durch Druckkräfte Wasser durch den Spross und in Tropfenform aus den Blättern hervorgepresst werden kann. Erklärung im Text auf Seite 155. **B** Apparat (nach Pfeffer) zur Bestimmung des Wurzeldruckes in einem abgeschnittenen Sprosse. Erklärung im Text auf Seite 156.

verschlossen, in welchem ein kurzes Glasrohr mit Zweiweghahn wasserdicht eingesetzt ist. Wir füllen sodann das weite Rohr mit Wasser und lassen den Apparat einige Stunden stehen, bis die im Innern des Pflanzenstumpfes vorhandenen Differenzen hydrostatischen Druckes ausgeglichen sind, welche durch den Unterschied zwischen Transpirationsstrom und Wurzeldruck veranlasst worden waren. In den langen Schenkel des **U**-Rohres füllen wir sodann Quecksilber ein und schliessen, sobald alle Luft aus dem weiten Rohr verdrängt, und die am **U**-Rohr vorhandene Kugel grösstentheils mit Quecksilber gefüllt ist, den Glashahn. Die fortgesetzte Wasseraufnahme durch

die Wurzel bewirkt nun, dass das Quecksilber in dem langen Schenkel der Röhre emporsteigt und die Länge der gehobenen Quecksilbersäule ermöglicht eine zahlenmässige Bestimmung der Druckhöhe. In einzelnen Fällen erreicht der Wurzeldruck eine Höhe von $1^1/_2$ bis 2 Atmosphären, in andern ist er sehr viel geringer. In kräftig transpirirenden Pflanzen hat der Wurzeldruck für die Wasserbewegung keine Bedeutung, er wird durch den Transpirationsstrom aufgehoben oder gar negativ gemacht.

Den Weg, auf welchem das Wasser von der Wurzel zu den Blättern emporsteigt, bilden in krautigen Pflanzen die verholzten Zellen der Gefässbündel und in den Stämmen der Bäume, der Holzkörper. Man kann sich durch ein Experiment leicht davon überzeugen. Man macht an dem Stamm oder an einem Ast eines Baumes zwei Ringschnitte nahe übereinander, welche die ganze Rinde durchtrennen und löst den zwischen beiden



Figur 152.
Geringelter Zweig von Sambucus (nach Oels). Erklärung im Text auf Seite 157.

Ringschnitten gelegenen Rindenstreifen von dem Holzkörper ab (Fig. 152). Die blossgelegte Oberfläche des Holzes wird durch Ueberbinden mit Guttaperchapapier gegen Verdunstung geschützt. Falls nun nicht das Holz, sondern die Rinde den Weg für den aufsteigenden Wasserstrom bildete, müssten die über der Ringelungsstelle gelegenen Theile des Baumes in Folge der Transpiration schnell vertrocknen und zu Grunde gehen. Es zeigt sich aber, dass diese Theile ebenso wie die unter dem Ringschnitt gelegenen frisch bleiben und weiterwachsen.

Die Frage, auf welche Weise das Wasser den Holzkörper durchströmt, ist von verschiedenen Forschern in der verschiedensten Weise beantwortet worden. Es darf als feststehend betrachtet werden, dass die Bewegung des Wassers der Hauptsache nach nicht im Hohlraum der Holzzellen oder der Gefässe vor sich geht, sondern dass die Wasserströmung direkt in den verholzten Wänden dieser Gewebeelemente erfolgt. Wir müssen uns den Vorgang so vorstellen, dass in den mit Wasser durchtränkten Holzwänden die Wassertheilchen ausserordentlich leicht verschiebbar sind. Das Wasser bildet in der durchtränkten Membran ein zusammenhängendes, im Gleichgewicht befindliches System. Sobald nun

an einer Stelle dem System ein Wassertheilchen entnommen wird, findet sofort durch Nachrücken der Wassertheilchen von unten her die Wiederherstellung des Gleichgewichtes statt. Indem dieser Process sich in der transpirirenden Pflanze ununterbrochen abspielt, kommt eine continuirliche Strömung des Wassers von der Wurzel im Holzkörper des Stammes aufwärts zu Stande. Mit dem Holzkörper des Stammes stehen die verholzten Zellwände der Gefässbündel in Zusammenhang, welche in die Blätter eintreten. In der Blattfläche vertheilen sich die Gefässbündel und leiten den Wasserstrom bis in die nächste Nähe des transpirirenden Gewebes. In dem letzteren findet die Bewegung des Wassers von Zelle zu Zelle auf osmotischem Wege statt. Die Fortleitung des Wassers in den gefässlosen Pflanzen wird gleichfalls durch Diosmose bewirkt. Es handelt sich dort immer nur um Beförderung des Wassers auf kurze Strecken, zu einer schnellen Bewegung des Wassers auf weitere Strecken reicht dieser Vorgang nicht aus.

Die Geschwindigkeit, mit welcher der Wasserstrom in dem Holz der Gefässpflanzen vorrückt, hängt natürlich von der Intensität der Transpiration ab. An stark transpirirenden Pflanzen findet man, dass der Weg, den ein Wassertheilchen in einer Stunde zurücklegt bis zu 100 und mehr Centimeter betragen kann. Man benützt zum Nachweis dieser Thatsache eine 1 bis 2 procentige Lithiumlösung, mit welcher man die Versuchspflanze begiesst. Das Lithium steigt mit dem Lösungswasser in der Pflanze empor und kann mit Hülfe des Spektralapparates in den Pflanzentheilen auch in kleinsten Mengen leicht nachgewiesen werden.

Die Verarbeitung der aufgenommenen Nährstoffe. — Der wichtigste Schritt bei dem Aufbau der organischen Verbindungen des Pflanzenkörpers aus den aufgenommenen Substanzen ist die Assimilation, d. h. die Bildung der Kohlehydrate aus der Kohlensäure und dem Wasser. Die Organe, in denen dieser Vorgang unter der Einwirkung des Lichtes sich abspielt, sind die Clorophyllkörper in den Zellen des Assimilationsgewebes. Das erste sichtbare Produkt der Assimilation ist bei den meisten Pflanzen die Stärke.

Von der Kohlensäure der Luft tritt nur der Kohlenstoff in die organische Verbindung ein, der Sauerstoff und Wasserstoff der letzteren stammt aus dem Wasser. Der Sauerstoff der Kohlensäure wird während des Assimilationsprocesses von der Pflanze nach aussen hin wieder abgegeben. Das Volumen der abgeschiedenen Sauerstoffmenge stimmt mit der Quantität der zersetzten Kohlensäure überein. Die Sauerstoffausscheidung der Pflanzen bei der Assimilation ist durch das Experiment nachweisbar.

Wir bringen in einen hohen Glascylinder mit Wasser eine grössere Anzahl von Sprossstücken der Wasserpflanze Elodea canadensis. Oben in den Cylinder wird ein am Tubus mit Glashahn versehener Glastrichter mit der Trichteröffnung nach unten eingesetzt, und bei geöffnetem Hahn soweit in das Wasser versenkt, bis alle Luft bis zu dem Glashahn aus dem Trichter verdrängt ist. Darauf wird der Hahn geschlossen und der Trichter mittelst eines Blechstreifens an dem Rand des Cylinders in seiner Lage befestigt (Fig. 153). Im Lichte assimiliren nun die Pflanzen sehr lebhaft und man sieht aus den Schnittflächen der Sprosse Gasblasen hervortreten,

welche im Wasser aufwärts steigen und unter dem Trichter aufgefangen werden. Das angesammelte Gas ist Sauerstoff. Wenn wir einen glimmenden Spahn in den Gasstrom halten, welcher beim Oeffnen des Glashahnes aus der Spitze des Trichters hervortritt, so fängt derselbe augenblicklich Feuer. Auch an Landpflanzen kann man den Nachweis der Sauerstoffausscheidung bei der Assimilation liefern. Setzt man unter eine luftdicht abschliessende Glasglocke eine grüne Pflanze und eine Maus, und bringt den Apparat ins Dunkle, so wird der in dem abgeschlossenen Luftquantum vorhandene Sauerstoff bald durch die Athmung aufgebraucht und das Thier verfällt in Folge dessen in einen als Asphyxie bezeichneten Starrezustand. Setzt man dann rechtzeitig die in der Glocke befindliche Pflanze dem Sonnenlichte aus, so beginnt eine lebhafte Assimilation in der Pflanze und die dadurch erzeugte Sauerstoffmenge genügt, um das asphyctische Thier aus dem Starrezustand wieder zu erwecken.



Figur 153.
Apparat (nach Pfeffer) zum Nachweis der Sauerstoffausscheidung bei der Assimilation. Erklärung im Text auf Seite 158.

Der letzte Versuch lehrt zugleich, dass die Assimilation und die damit verbundene Sauerstoffausscheidung nur unter der Einwirkung des Lichtes erfolgt. Wir können diese Thatsache noch in anderer Weise zur Anschauung bringen. Auf ein abgeschnittenes Blatt einer Tabakspflanze, welche einige Tage vorher im Dunkeln gestanden hatte, legen wir eine Schablone von Staniol, in welcher ein Zeichen oder ein Wort, etwa das Wort »Stärke«, ausgeschnitten ist. Blatt und Schablone werden auf feuchtes Fliesspapier zwischen zwei Glasplatten gelegt und der Besonnung ausgesetzt. Am Abend legen wir das Blatt in kochendes Wasser und darauf in mehrmals zu erneuernden Alkohol wodurch nach einiger Zeit der Chlorophyllfarbstoff herausgezogen wird, so dass das Blatt bleichgelblich erscheint. Alsdann bringen wir



Figur 154.
Stärkebildung in einem theilweise verdunkelten Tabakblatte. Es ist nur die eine Hälfte des Blattes gezeichnet. Erklärung im Text auf Seite 159.

dasselbe in eine flache Schale mit alkoholischer Jodlösung, und sehen nun nach kurzer Zeit das Wort »Stärke« in dunkelbrauner Farbe auf der bleichen Blattfläche deutlich und scharf hervortreten (Fig. 154). In den von der Schablone bedeckten Theilen des Blattes hat keine Assimilation

stattgefunden. Die ausgeschnittenen Stellen der Schablone dagegen gestatteten dem Sonnenlicht freien Durchgang, in Folge dessen ist dort Stärke gebildet worden, welche durch die Jodlösung tief dunkel gefärbt wurde und so die Buchstaben hervortreten lässt.

Die Lichtstrahlen des Spektrums wirken nicht alle gleichmässig bei der Assimilation der Pflanze, vielmehr wird die Assimilation durch diejenigen Strahlen des Spektrums am intensivsten bewirkt, welche unserm Auge als die hellsten erscheinen, d. h. durch die gelben Strahlen und durch die nächstbenachbarten Theile des Spektrums.



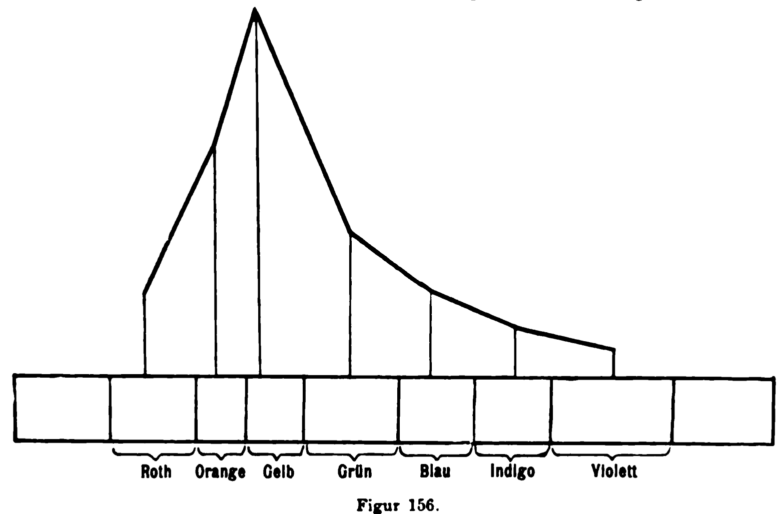
Figur 155.
Apparat (nach Pfeffer) zur Messung der relativen Assimilationsintensität durch Zählung der Sauerstoffblasen. Erklärung im Text auf Seite 160.

Um diese Thatsache festzustellen, befestigen wir mit Hülfe eines Glasstabes einen abgeschnittenen Spross von Elodea umgekehrt in einem mit frischem Wasser gefüllten Glascylinder (Fig. 155). Im Sonnenlicht tritt in Folge der Assimilation ein continuirlicher Strom von Sauerstoffblasen aus der Schnittfläche des Stengels hervor. Wir leiten mittels eines Spiegelapparates die Sonne in ein verdunkeltes Zimmer und entwerfen mit einem Schwefelkohlenstoffprisma ein Spektrum. Wenn wir nun den Elodeaspross nacheinander in die verschiedenen Theile des Spektrums bringen, so ergibt sich, dass der Blasenstrom, welcher aus dem Stengel austritt, im Gelb des Spektrums am kräftigsten ist. Durch Zählung der Sauerstoffblasen, welche in einem bestimmten Zeitabschnitt hervortreten, kann man die Intensität der Assimilation in den einzelnen Abschnitten des Spektrums zahlenmässig vergleichen und das Resultat wie es in der Figur 156 geschehen ist, durch eine auf rechtwinkliche Coordinaten bezogene Curve ausdrücken.

Die Vorgänge, welche in den Pflanzen die Synthese der Kohlehydrate bewirken, kennen wir nicht, sie dürften erheblich complicirter sein, als die Processe, die wir beim Arbeiten im chemischen Laboratorium verwenden. Das erhellt schon daraus, dass die entstehende Stärke eine bestimmte körperliche Organisation besitzt, welche derselben als rein chemischer Substanz nicht zukommt. Es wird vielleicht der Chemie einst gelingen synthetische Stärke**substanz** darzustellen, synthetische Stärke**körner** wird es aber ebensowenig jemals geben, als etwa synthetische Weizenkörner.

Die Stärkekörner als erstes sichtbares Produkt der Assimilation treten im Innern der Chlorophyllkörper auf. Wenn wir die Blätter eines Mooses oder ein Farnprothallium, welches längere Zeit belichtet wurde, mit heissem Alkohol behandeln, so wird der Chlorophyllfarbstoff aus den Chlorophyllkörpern entfernt. Um die in jeden Chlorophyllkörper einge-

schlossenen meist sehr kleinen Stärkekörner sichtbar zu machen, lassen wir dieselbe durch sehr verdünnte Kalilauge etwas aufquellen und legen

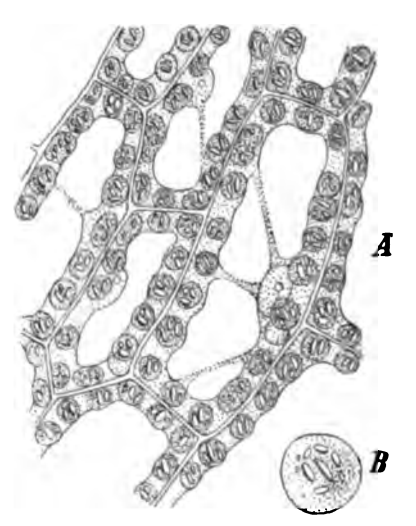


Figur 156.

Curve der Assimilationsintensität in den verschiedenen Theilen des Spektrums (nach Pfeffer). Im gelben Licht erreicht die Assimilation die grösste Intensität.

die Blätter darauf in Jodlösung. Alsbald sehen wir unter dem Mikroskop in jedem der gebleichten Chlorophyllkörper die Stärke als tiefblaue Körnchen hervortreten.

Die in den Chlorophyllkörpern vorhandenen Stärkekörnchen verschwinden allmählig, wenn die Assimilation unterbrochen wird, die Stärke wird zu den Stätten des Verbrauches oder in die Reservestoffbehälter fortgeführt. Wir können uns davon leicht überzeugen, wenn wir eine grüne Pflanze in kohlensäurefreie Luft bringen und dadurch die Assimilation unterdrücken. Diesem Zwecke dient der in Figur 158 abgebildete von Pfeffer angegebene Apparat. Auf einer geschliffenen Glasplatte steht eine luftdichtschliessende tubulirte Glocke, über deren Tubulus ein beiderseits offener Glascylinder geschoben ist, welcher mit Kalilauge getränkte Bimsteinstücke enthält. Um zu verhindern, dass Kalilauge von dem Bimstein nach unten tropft, ist unter dem Tubulus die kleine Schale *i*



Figur 157.

Entstehung der Stärke in den Chlorophyllkörpern eines Moosblattes. **A** Einige Zellen des Blattes von Mnium mit zahlreichen Chlorophyllkörpern, welche Stärkeeinschlüsse enthalten. **B** Ein einzelnes Chlorophyllkorn stärker vergrössert (nach Sachs).

angebracht. Unter der Glocke steht eine Schale mit Kalilauge. Wir bringen in diesen Apparat eine grüne Pflanze, in deren Blättern wir vorher durch die mikroskopische Untersuchung einen reichlichen Stärkevorrath in den Chlorophyllkörpern nachgewiesen haben. Durch die Kalilauge unter der Glocke wird die Kohlensäure des abgeschlossenen Luftquantums absorbirt, die von aussen zuströmende Luft wird bei dem Passiren des mit Bimstein gefüllten Cylinders gleichfalls ihrer Kohlensäure beraubt. Die Pflanze kann in Folge dessen selbst im Licht keine neue Stärke bilden, und wenn wir nach einiger Zeit die Blätter mikroskopisch untersuchen, so zeigt sich, dass die Stärke aus den Chlorophyllkörpern gänzlich verschwunden ist.



Figur 158.

Apparat (nach Pfeffer) zur Kultur einer Pflanze in kohlensäurefreier Luft. Erklärung im Text auf Seite 161/162.

Da neben dem Vorhandensein der Kohlensäure auch das Licht eine unerlässliche Bedingung für das Zustandekommen der Assimilation ist, so muss auch in der Dunkelheit die Stärke aus den Chlorophyllkörpern allmählich verschwinden. Im natürlichen Verlauf der Dinge sehen wir daher im Laufe des Tages bis zum Abend hin die Menge der Stärke in den Blättern der Pflanzen sich steigern. Während der Nacht nimmt dieselbe dagegen ab und erreicht gegen Morgen ihr Minimum, bis mit beginnender Tageshelle durch Assimilation wieder neue Stärke erzeugt wird.

Ausser den Kohlehydraten sind als wichtige Baustoffe des Pflanzenkörpers Fette und Eiweissstoffe anzusehen. Die Bildung dieser Substanzen geht von den durch die Assimilation erzeugten Kohlehydraten aus. Fette können direkt durch Umwandlung der Assimilationsprodukte erzeugt werden. Sie treten häufig in reifenden Samen auf und entstehen auch dann, wenn die mit Stärke erfüllten Samen vor der Reife von der Pflanze genommen werden, so das eine Einwanderung von Fett ausgeschlossen ist. Für die Bildung der Eiweissstoffe sind Stickstoff und Schwefelverbindungen nöthig, welche in den durch die Wurzel aufgenommenen salpetersauren und schwefelsauren Salzen der Pflanze zur Verfügung stehen. In welcher Weise Stickstoff und Schwefel im Pflanzenkörper aus den Salzen befreit werden und wie sich die Synthese der complicirten Eiweisskörper vollzieht, ist völlig unbekannt. Nur schliesst man aus der Art und Menge des Auftretens gewisser Amide, besonders des Asparagins, dass diese Körper eine Zwischenstufe in dem Aufbau der Eiweisssubstanzen darstellen.

Da die Eiweisssubstanzen bei ihrer Entstehung im Pflanzenkörper nicht wie die Stärke in geformten Massen innerhalb besonderer Organe auftreten, so ist es nicht leicht den Ort der Eiweissbildung bestimmt zu bezeichnen. Es ist sicher, dass der Process der Eiweissbildung von dem Vorhandensein des Clorophylls unabhängig ist, die Pilze, denen das Chlorophyll vollständig fehlt, bilden in ihren Zellen Eiweissstoffe, wenn sie zur Aufnahme von Kohlehydraten, von salpetersauren und schwefelsauren Salzen Gelegenheit haben. Andererseits kann die Eiweissbildung auch in chlorophyllführenden Zellen vor sich gehen; das beweisen manche Algen, deren Vegetationskörper nur aus chlorophyllführenden Zellen zusammengesetzt ist. In den Geweben der höheren Pflanzen, welche bei allen physiologischen Funktionen eine weitgehende Arbeitstheilung aufweisen, dürfte auch die Eiweissbildung lokalisirt sein. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass bei ihnen der Siebröhrenapparat der Leitbündel der Ort der Eiweissbildung ist.

Aus dem Vorstehenden ist ersichtlich, welche Verwendung der Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Schwefel bei der Bildung der organischen Substanz im Pflanzenkörper finden. Ausser diesen fünf Elementarstoffen sind, wie wir gesehen haben, noch Phosphor, Eisen, Kalium, Calcium und Magnesium bei der Ernährung unerlässlich. Der Phosphor spielt bei der Bildung der in den Zellkernen vorhandenen Nukleinkörper eine Rolle, welche aus einer Verbindung eines eiweissartigen Körpers mit einem organischen, Phosphorsäure enthaltenden Atomcomplex bestehen. Ausserdem finden wir Phosphor in der Constitution der Globoide, welche in den Aleuronkörnern mancher Samen vorkommen.

Das Eisen ist für die Bildung des Chlorophyllfarbstoffes nöthig. Eine in eisenfreier Nährlösung gezogene Pflanze bildet nur so lange grünen Farbstoff in ihren Blättern aus, als der geringe Eisenvorrath im Samen ausreicht, die später gebildeten Blätter sind bleichgelblich gefärbt. Man bezeichnet die durch den Eisenmangel veranlasste Erkrankung der Pflanze als Chlorose. Sobald einer chlorotischen Pflanze Eisen zugeführt wird, ergrünen die bleichgebliebenen Blätter nachträglich.

Kalium, Calcium und Magnesium treten bei der Zusammensetzung der organischen Substanzen nicht als Componenten auf. Da indes das Experiment der Pflanzenkultur in Nährlösungen, denen einer dieser Stoffe fehlt, die unbedingte Nothwendigkeit dieser Stoffe zur Ernährung der Pflanzen ergibt, so ist wohl anzunehmen, dass dieselben bei gewissen fundamentalen Vorgängen des Stoffwechsels betheiligt sind, ohne freilich in das Endprodukt des Processes einzutreten.

Wanderung der organischen Stoffe. — Die in der Pflanze erzeugten organischen Stoffe treten, soweit sie nicht wieder im Verlaufe des Stoffwechsels in ihre elementaren Bestandtheile zerlegt werden, zum Theil in die Körpersubstanz der Pflanze ein, d. h. sie werden zum Wachsthum und zur Ausbildung der Zellwände, des Protoplasmas und seiner Inhaltsbestandtheile verwendet. Zum Theil werden dieselben zeitweilig als Reservestoffe in bestimmten Theilen des Pflanzenkörpers abgelagert und fur den späteren Verbrauch reservirt. Endlich kann auch ein Theil der Stoffe durch Sekretion aus dem Pflanzenkörper wieder ausgeschieden

werden. Als die Orte des Verbrauches sind die wachsenden Vegetationsspitzen der Sprosse und Wurzeln und ihrer Seitenachsen, das Cambiumgewebe der älteren Sprosstheile, die jungen, noch in Wachsthum begriffenen Blätter, überhaupt alle Theile des Pflanzenkörpers anzusehen, in denen Neubildung und Ausgestaltung von Zellen und Zellgeweben vor sich geht. Ablagerung von organischen Stoffen findet vorzugsweise in dem Speichergewebe der Sprosse und Wurzeln oder in den reifenden Früchten oder Samen statt. Die Reservestoffe führenden Theile der Sprosse und Wurzeln sind oft durch morphologische Eigenthümlichkeiten ausgezeichnet, wofür die früher besprochenen Wurzel- und Sprossknollen, die Zwiebelschuppen und anderes mehr als Beispiel dienen können.

Die Sekretion organischer Substanzen endlich findet entweder an der Oberfläche des Pflanzenkörpers in Honigdrüsen, an Drüsenhaaren oder Leimzotten statt, oder sie vollzieht sich im Innern der Gewebe, indem einzelne Zellen, Zellverbände oder Intercellularräume zu Sekretbehältern werden. Die Sekretzellen, die Milchsaftschläuche und die Harzgänge sind bekannte Beispiele dafür.

Da nun die Stellen des Verbrauches, der Lagerung und der Sekretion entfernt von den Entstehungsorten der organischen Substanzen im Pflanzenkörper gelegen sind, so muss nothwendig eine Wanderung der organischen Stoffe stattfinden, deren Mittel und Wege im Folgenden kurz zu besprechen sind.

Es ist leicht verständlich, dass die durch die Assimilation in den Chlorophyllkörpern erzeugten Stärkekörner nicht direkt im festen Zustande durch die Wände der assimilirenden Zelle hindurch fortgeführt werden können, es findet vielmehr vor der Wanderung eine Lösung der Stärke statt. Durch Einwirkung eines Fermentes, welches man als Diastase bezeichnet, wird die Stärke in eine in Wasser lösliche Zuckerart übergeführt, welche die Zellmembranen und das Protoplasma zu durchwandern vermag.

Der Weg, welchen die Stärke bei ihrer Wanderung von dem Entstehungsort zu den Orten des Verbrauches oder der Lagerung einschlägt, lässt sich leicht verfolgen. Da nämlich die Stärke in jeder der durchwanderten Zellen zunächst wieder in Form von Körnern abgeschieden wird, um erst nach erneuter Lösung weiter fortzurücken, so finden wir zu Zeiten auf dem ganzen Wege der Stärkewanderung Stärkekörner in den Zellen vor. Von den assimilirenden Zellen der Blätter aus gelangt die Stärke in die Stärkescheiden, welche die Gefässbündel der Blätter umhüllen und von dort in die den Gefässbündelcylinder begrenzenden Parenchymzellen des Grundgewebes, durch welche sie bis zu den Stellen des Verbrauches oder der Lagerung vordringt. In den Stämmen mit sekundärer Holzbildung wandert die Stärke auch innerhalb des Holzkörpers durch die Markstrahlen und das Holzparenchym, um in den Zellen dieser Gewebe als Reservestoff abgelagert zu werden.

Die übrigen als Baustoffe im Pflanzenkörper auftretenden Kohlehydrate, wie z. B. das Inulin, werden gleichfalls vor der Wanderung durch das Ferment in Zucker umgewandelt. Die Fette werden in der Regel zum Zweck der Wanderung in Kohlehydrate umgesetzt und wandern wie diese nach der Einwirkung des Fermentes.

Ueber die Weise, in welcher die eiweissartigen Baustoffe im Pflanzenkörper wandern, ist wenig sicheres bekannt. Die Eiweisssubstanzen sind meistens nicht für die Durchwanderung fester Zellwände geeignet. Zum Theil erfolgt ihre Fortleitung durch die Siebröhren der Gefässbündel, deren siebartig durchbrochene Querwände ihrem Vordringen kein Hinderniss entgegenstellen. Um aber direkt zu den Stellen des Verbrauchs zu gelangen, müssen die Eiweisskörper auch durch geschlossene Zellwände wandern. Der Durchtritt durch die Membran wird dann durch eine vorübergehende Zerspaltung der Eiweisssubstanzen ermöglicht, bei welcher als Spaltungsprodukt das Asparagin auftritt.

Die Richtung, in welcher die Baustoffe in den von ihnen eingehaltenen Bahnen im Pflanzenkörper wandern, ist nicht immer die gleiche. Während z. B. bei den meisten Stauden im Sommer die Assimilationsprodukte aus den Blättern zu den unterirdischen Sprosstheilen abwärts wandern, um dort als Reservestoffe abgelagert zu werden, findet im Beginn der neuen Vegetationsperiode die Wanderung in umgekehrter Richtung zu den sich entwickelnden oberirdischen Sprossen statt. Ebenso müssen die im Sommer von den Blättern an den Stamm der Bäume abgegebenen Baustoffe im nächsten Frühjahr aus dem Stamm in die Achselknospen wandern, um ihnen das zur Entfaltung nöthige Material zu liefern.

Die Aufnahme organischer Nährstoffe. — Im ersten Jugendstadium, bevor eine Ausbildung assimilirenden Gewebes stattgefunden hat, sind alle Pflanzen auf die Ernährung durch organische Stoffe angewiesen. Wenn nicht das organische Nährmaterial schon während der ersten Entwickelung des Embryos direkt aus der Mutterpflanze in die Kotyledonen desselben eingewandert ist, so findet die junge Pflanze die Nahrungsstoffe in dem Endosperm oder Perisperm des Samens vor. Gewöhnlich dienen dann die Cotyledonen als Saugorgane, welche die organischen Nährstoffe in den Organismus einführen. Eine ganze Reihe von Gewächsen behält aber normaler Weise auch nach der Keimung, während der ganzen Lebenszeit, die Fähigkeit organische Stoffe aufzunehmen und als Nahrung zu verwerthen. Dahin gehören vor allen Dingen die Bakterien und die Pilze, welche kein Chlorophyll besitzen und deshalb nicht im Stande sind, aus Kohlensäure und Wasser selbstständig die Kohlehydrate aufzubauen, welche bei den grünen Pflanzen das Ausgangsmaterial für alle übrigen organischen Substanzen bilden. Aber auch unter den Blüthenpflanzen gibt es chlorophyllfreie Arten und andere, deren mangelhaft entwickelter Assimilationsapparat allein zur Ernährung der Pflanze nicht hinreicht. Als Beispiele können unter den einheimischen Gewächsen die Orobanchen und die Cuscutaarten genannt werden, ferner die Gattungen Monotropa und Lathraea und die durch ihre wachsbleiche Färbung ausgezeichneten Orchideen Neottia, Coralliorrhiza und Epipogon. Auch die grüngefärbten Rhinantheen, Euphrasia, Melampyrum, Rhinanthus, die ebenfalls chlorophyllhaltigen Thesiumarten und Viscum gehören hierher.

Man kann unter den auf die Aufnahme organischen Materials angewiesenen Pflanzen zwei Gruppen unterscheiden, die allerdings durch Uebergänge mit einander in Verbindung stehen. Als **Saprophyten** bezeichnet man Pflanzen, welche ihre organische Nahrung aus den Zerfallprodukten

von Thier- und Pflanzenleichen gewinnen. **Parasiten** werden diejenigen Pflanzen genannt, welche lebenden Organismen anderer Art die organischen Nährstoffe zum eigenen Verbrauch entreissen.

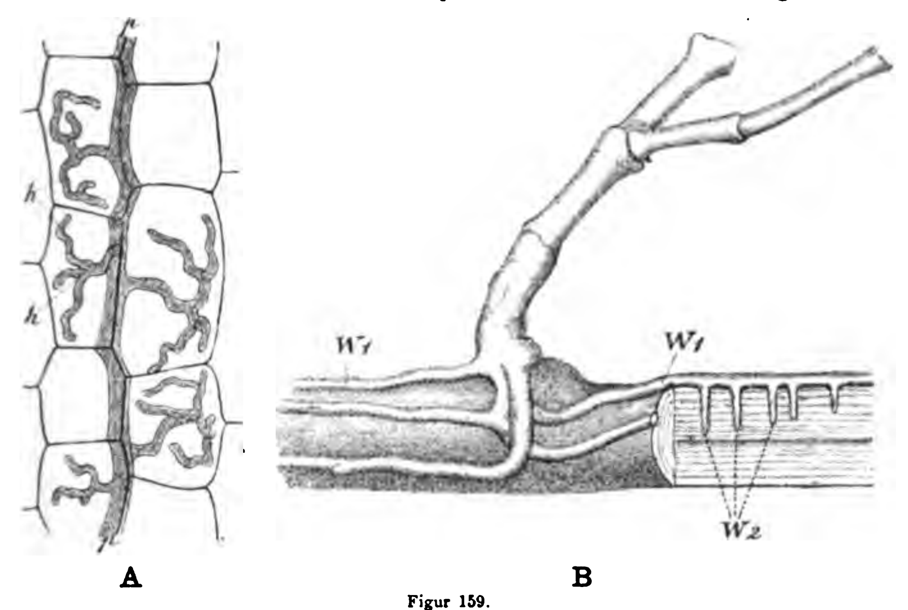
Endlich gibt es eine Reihe von grünen Pflanzen, welche auch ohne organische Nahrung zu leben vermögen, welche aber zu besserem Gedeihen vermittelst besonderer Baueinrichtungen lebende Thiere fangen und töten und aus der Körpersubstanz derselben organische Substanzen aufnehmen können. Man bezeichnet derartige Pflanzen als Insektivoren. Unter ihnen gehören Arten von Drosera, Pinguicula und Utricularia und ferner die seltene Aldrovandia der einheimischen Flora an.

Die Zusammensetzung der von den Saprophyten, Parasiten und Insektivoren aufgenommenen organischen Substanzen ist wenig erforscht. Nur von den Bakterien und gewissen niedern Pilzen wissen wir, dass sie in der Auswahl ihrer Nährstoffe wenig wählerisch sind; sämmtliche Kohlehydrate, verschiedene organische Säuren, Eiweissstoffe, Asparagin, selbst hinreichend verdünnter Alkohol und anderes mehr können jedes für sich ihnen als organische Nahrung dienen. Die parasitischen Pflanzen scheinen meistens weniger anspruchslos zu sein. Manche von ihnen können nur auf einer einzigen oder auf wenigen Pflanzenarten als Schmarotzer gedeihen und wenn dabei häufig wohl auch die anatomische Beschaffenheit der Wirthspflanze eine Rolle spielt, so ist doch die stoffliche Zusammensetzung des Pflanzenkörpers für diesen Umstand gleichfalls von Bedeutung. Die Kultur der parasitischen Pilze mit künstlichen Nährlösungen gelingt nur unter ganz besonderen Umständen.

Die organischen Stoffe müssen, wenn sie als Nährmaterial in die Zellen der Pflanzen hinein gelangen sollen, sich in einem löslichen Zustande befinden. In vielen Fällen werden sie den Saprophyten und Parasiten in der von ihnen bewohnten Unterlage direkt in löslichem Zustande dargeboten. In andern Fällen sind die Pflanzen im Stande, durch Ausscheidung von Fermenten die organischen Nährmittel in lösliche Form überzuführen und zur Aufnahme vorzubereiten. Die Ausscheidung lösender Fermente ermöglicht den parasitischen Pilzen und phanerogamen Parasiten zugleich die Durchbohrung der Zellwände der Wirthspflanze und das Eindringen in das Innere der Zellen. Die Vegetation einiger saprophytischer Pilze und der Bakterien ruft in den Nährsubstraten in Folge der Fermentausscheidung weitgehende Zerspaltungen und Zersetzungen hervor, welche als Gährung und als Fäulniss bezeichnet werden, und die gleichen Erscheinungen sind es, durch welche viele parasitische Bakterien in dem Körper der von ihnen befallenen Thiere und Menschen verheerende Krankheiten wie Milzbrand, Typhus, Cholera erregen. Die meisten Insektivoren scheiden ein peptonisirendes Ferment aus, durch welches die Eiweisssubstanzen des Körpers der gefangenen Thiere in lösliche Form gebracht werden.

Die chlorophyllführenden Saprophyten und Parasiten und die Insektivoren bedürfen selbstverständlich neben der Eiweissnahrung noch einer Aufnahme von Mineralstoffen zu ihrem Gedeihen. Aber auch die gänzlich chlorophylllosen Pflanzen können diese Stoffe nicht entbehren mit Ausnahme des Eisens, welches ja nur bei der Chlorophyllbildung eine wesentliche Rolle im Pflanzenkörper spielt.

Die niederen Saprophyten und Parasiten, die Bakterien und manche Pilze nehmen die Nährstoffe mit ihrer gesammten Körperoberfläche aus der Umgebung auf, bei andern sind besondere Organe zur Nahrungsaufnahme vorhanden. Eine spezielle Ausbildung besitzen diese Organe bei manchen pilzlichen und phanerogamen Parasiten. Wir finden dort Saugorgane, Haustorien, vor, welche in das Gewebe und in die Zellen der Wirthspflanze hineinwachsen und so mit den aufzunehmenden Substanzen in unmittelbare Berührung treten. In Figur 159 **A** ist ein Stück von dem Vegetationskörper eines parasitischen Pilzes gezeichnet, welches Haustorien in die Zellen der Wirthspflanze hineinsendet und Figur 159 **B**



Figur 159.

A Einige Zellen aus dem Spross von Asperula odorata. In dem Intercellularraum zwischen denselben verläuft ein Pilzfaden *p—p* eines parasitischen Pilzes, Peronospora calotheca, welcher verzweigte Haustorien *h* in die Zellen der Wirthspflanze hineinsendet (nach Zopf). **B** Wurzelsystem der Mistel auf einem Kiefernast. Die parallel zur Oberfläche hinziehenden Wurzeln W_1 sind durch Entfernung der Rinde des Astes frei präparirt. Am rechten Ende ist der Ast halbirt. W_2 Haustorien.

zeigt ein Stück von dem Wurzelsystem des phanerogamen Parasiten Viscum, welches an den horizontal im Zweig des bewohnten Baumes hinziehenden Wurzeln gleichfalls Haustorien trägt. Bei den Cuscutaarten bilden sich an dem windenden Stamme, wo er mit dem Wirth in direkte Berührung tritt, napfförmige Saugorgane aus, von denen aus zarte Zellfäden tief in den Spross der Wirthspflanze hineindringen. Ebenso bilden sich an den Wurzeln der Rhinantheen und der Thesiumarten, sobald sie mit einer Wurzel der Wirthspflanze in Berührung kommen, ähnliche Haustorien aus.

Die Organe der Insektivoren, welche zum Fangen der Thiere und

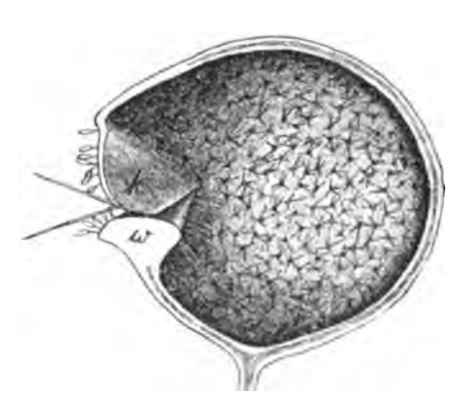
zur Aufnahme der organischen Nahrung dienen, sind eigenartig umgebildete Blätter oder Blatttheile. Bei einigen Pflanzen stellen diese Organe Fallgruben dar, aus denen die gefangenen Thiere nicht wieder entrinnen können, in anderen Fällen dient ein an den Organen ausgeschiedener Klebstoff zum Festhalten der Thiere und endlich kommen Fälle in Betracht, bei denen die Fangorgane in Folge des durch ein Thier ausgeübten Reizes energische Bewegungen machen, welche zur Ergreifung des Thieres führen. Einfache Fallgruben finden wir unter den einheimischen Insektivoren, bei den im Wasser lebenden Utricularien. Die an den Blättern stehenden Blasen, welche auf Seite 55 erwähnt und in Figur 67 und 160 abgebildet sind, besitzen eine enge Eingangsöffnung, welche durch eine nach innen verschiebbare zungenartige Gewebeplatte verschlossen ist. Die Letztere wirkt ähnlich wie der Tuchstreifen an dem Spalt einer Kindersparbüchse, sie gestattet den kleinen Wasserthieren den Eintritt sehr leicht, verwehrt ihnen aber den Austritt. Zum Eindringen in die Blase werden die Thiere, besonders kleine Krustaceen veranlasst durch das Vorhandensein von Schleimhaaren an der Mündung der Blase, welche ihnen schmackhafte Nährstoffe zu liefern scheinen. Auch die ebenfalls in Figur 67 abgebildeten Kannen der Nepenthes und der Sarracenien sind Fallgruben. Die Aussenseite derselben ist mit zahlreichen honigabsondernden Drüsenhaaren besetzt, welche die Thiere zum Emporklimmen veranlassen. Der obere äusserst glatte Rand der Kannen bietet den Thieren keinen Halt, sie stürzen hinab und werden durch die nach unten gerichteten Haare im Innern der Kanne am Emporklettern verhindert. Im Grunde der Kanne findet sich eine von der Kannenwandung ausgeschiedene Flüssigkeit, in welcher die Thiere ersaufen und verdaut werden. Aehnlich sind die Verhältnisse bei Darlingtonia, Cephalothus und andern mehr.

Durch ausgeschiedene Klebstoffe fangen von den einheimischen Insektivoren die Droseraarten Thiere ein. Die Blätter von Drosera sind sowohl am Rande als auch auf der oberen Fläche mit starken gestielten Drüsen besetzt, welche an ihrem kopfförmigen oberen Ende einen klaren Tropfen einer zähen kleberigen Flüssigkeit ausscheiden. Insekten, welche sich auf ein solches Blatt setzen, bleiben kleben; sie gerathen bei ihren Befreiungsversuchen mit immer mehr Drüsenköpfen in Berührung und sind endlich nicht mehr im Stande sich zu bewegen. In Folge des von dem Insekt ausgeübten Reizes tritt in dem Blatt allmählich eine Krümmungsbewegung ein, welche bewirkt, dass endlich alle Drüsen, in deren Bereich das Insekt liegt, über den Körper desselben hergekrümmt sind (Fig. 161 **A**). Der letztere wird dadurch gänzlich von dem Sekret der Drüsen eingehüllt und von dem darin enthaltenen peptonisirenden Ferment soweit als möglich gelöst. Nach Beendigung der Verdauung kehren die Blattfläche und die Drüsen in ihre ursprüngliche Lage zurück.

Auch bei Drosophyllum ist ein von gestielten Drüsen abgeschiedener Klebestoff das Fangmittel der Insekten, bei dieser Pflanze führen indes die Blätter keine Reizkrümmungen aus. Die Peptonisirung und Aussaugung der organischen Nahrung erfolgt einfach durch die Drüsen, mit welchen das Insekt durch seine eigenen Bewegungen in Berührung gekommen ist. Die Fangvorrichtung ist trotzdem sehr leistungsfähig, man findet oft an

einer einzigen kräftig vegetirenden Drosophyllumpflanze, Hunderte von Insektenleichen festgeklebt.

Insektenfangende Pflanzen, welche ihre Beute durch plötzliche Bewegungen erhaschen, sind wenig zahlreich. Die Bekannteste unter ihnen ist die Venus-Fliegenfalle Dionaea muscipula. Die beiden Hälften der Blattfläche sind gegen Berührung reizbar, sie klappen momentan zusammen wenn ein Insekt eines der auf der Blattfläche stehenden Haare berührt. Die langen eingekrümmten Borsten, welche den Blattrand einnehmen, verhindern ein Entrinnen des Insektes auch schon bevor die Reizkrümmung der Blattflächen bis zur gänzlichen Berührung fortgeschritten ist (Fig. 161 B u. C). Aehnliche Einrichtungen bewirken bei Aldrovandia vesiculosa, einer in einheimischen Gewässern sehr selten vorkommenden Wasserpflanze, den Fang kleiner Wasserthiere.

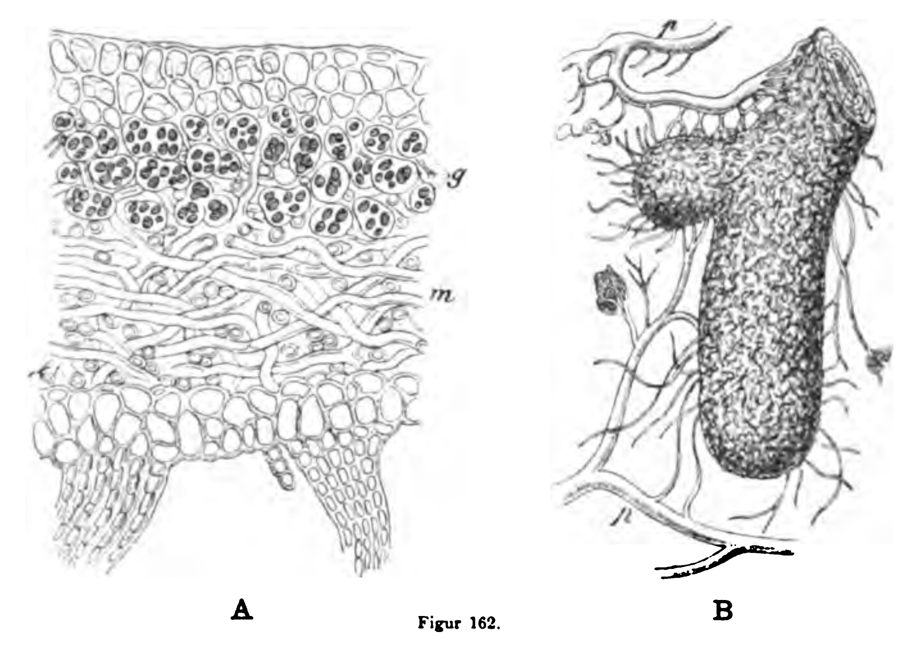


Figur 160.
Halbirte Blase von einer Utricularia (nach Goebel), *k* die Klappe der Blasenmündung, *w* das Widerlager derselben (vergrössert).

Es ist oben kurz erwähnt worden, dass gewisse niedere Parasiten in den Körpern der Thiere und des Menschen todbringende Erkrankungen hervorrufen können; entsprechende Fälle können auch dort vorkommen, wo ein Parasit auf einer andern Pflanze schmarotzt. So werden z. B. oft grosse Waldbäume durch einen bei uns nicht seltenen Hutpilz, den Hallimasch, Agaricus melleus zum Absterben gebracht, dessen Mycel vom Boden aus durch die Wurzeln in die Wirthspflanze eindringt und die oberirdischen Gewebe durchwuchert. Im übrigen kann das Verhältniss zwischen Wirth und Parasit in den einzelnen Fällen ein sehr verschiedenes sein. Vielfach werden besonders durch parasitische Pilze lokale Erkrankungen des Wirthes erzeugt. Die zahlreichen Blattfleckenkrankheiten der Gewächse sind zum grössten Theil hierher gehörige Erscheinungen, ebenso die Bildung von Hexenbesen, welche meist darin besteht, dass in einem vom Pilz befallenen Sprosse eine überaus reichliche Ausbildung von

Figur 161.
A Blatt von Drosera longifolia, welches eine grosse Fliege gefangen hat (nach Goebel). **B** Blatt von Dionaea muscipula im ungereizten Zustande. **C** Blatt von Dionaea, welches ein Thier gefangen hat.

Seitensprossen veranlasst wird. Während in solchen Fällen immer noch von einer erheblichen Schädigung des Wirthes durch den Pilz gesprochen werden muss, gibt es andere Beispiele, in denen die Ernährung des Parasiten ohne ersichtlichen Nachtheil für den Wirth erfolgt, und endlich Fälle, in denen beide zusammenlebende Gewächse einen Vortheil aus dem gegenseitigen Verhältnisse ziehen. Im letzteren Falle kann man nicht mehr zwischen Wirth und Parasit unterscheiden, man bezeichnet die beiden Gewächse als Symbionten und ihr Verhältniss zu einander als Symbiose. Einige auffällige Beispiele von Symbiose mögen hier kurze Erwähnung finden. Der Vegetationskörper der Flechten besteht aus zwei leicht von einander unterscheidbaren Elementen, aus einem Geflecht von



A Figur 162. B

A Querschnitt durch einen Flechtenthallus (nach Sachs), *g* die Algenzellen, *m* die Pilzfäden. **B** Die Spitze einer von Pilzfäden umsponnenen Buchenwurzel, *p* die im Erdboden verlaufenden Mycelstränge des Pilzes (nach Frank).

Pilzfäden, in welches Gruppen von grünen oder blaugrünen Algen eingebettet sind, welche als Gonidien bezeichnet werden (Fig. 162 **A**). Das ernährungsphysiologische Verhältniss der beiden Symbionten ist hier leicht zu übersehen. Die Algen bedürfen im Allgemeinen eine grössere Feuchtigkeitsmenge zu ihrem Gedeihen. Indem nun die Pilzhülle den Algen Wasser in ausreichender Menge zuführt und dieselben bei zeitweiligem äusseren Wassermangel vor dem Absterben bewahrt, ermöglicht die Symbiose den Algen als Flechtengonidien an Orten zu leben, wo freilebende Algen nicht mehr gedeihen können. Andererseits sind die Pilze auf eine Ernährung mit organischen Substanzen angewiesen. Sie finden dieselben in den Stoffewechselprodukten der in Folge ihres Clorophyllgehaltes assimilirenden

Algen dargeboten, und werden dadurch in Stand gesetzt, selbst auf Sandboden oder an Felsen und Mauern zu wachsen, wo anderweitige organische Nährstoffe nicht vorhanden sind.

Eine andere Form der Symbiose existirt zwischen Pilzen und gewissen Waldbäumen. Die äussersten Spitzen der Wurzeln mancher Bäume sind immer mit einer dichten Hülle von Pilzfäden umschlossen, welche das Wachsthum der Wurzel eigenthümlich beeinflusst und die Ausbildung von Wurzelhaaren verhindert. Man bezeichnet eine solche mit Pilzfäden umsponnene Wurzel als Mykorrhiza (Fig. 162 B). Wenn alle jungen Wurzeln dieselbe Erscheinung zeigen, so ist klar, dass dem Baume das Wasser und die aus dem Boden aufzunehmenden Stoffe nur durch die Vermittelung der Pilzhülle zugehen. Vergleichende Kulturversuche von Mykorrhiza bildenden Bäumen in pilzfreiem und pilzhaltigem Boden, zeigen, dass die Symbiose für das Gedeihen der Bäume von Vortheil, vielleicht sogar eine wesentliche Bedingung ist. Inwiefern aber die Symbiose den Pilzen Vortheile gewährt, ist bis jetzt noch nicht bekannt.

Es kommt auch Symbiose zwischen Pflanzen und niederen Thieren vor. In dem Körper des grünen Armpolypen Hydra viridis, der überall bei uns in Wassertümpeln sich findet, leben grüne Algen, welche in der schützenden durchsichtigen Zelle des Thierkörpers lebhaft assimiliren und deren Stoffwechselprodukte dem Thier als Nährstoffe zu Nutzen kommen.

3. Der Kraftwechsel.

Die meisten physiologischen Vorgänge im Pflanzenkörper, die Aufnahme und die Fortschaffung des Wassers und der Nährstoffe, die Verarbeitung derselben zu organischen Substanzen, die Wanderung der letzteren und anderes mehr erfordern einen gewissen Aufwand an lebendiger Kraft und zwar handelt es sich dabei um dieselben physikalischen und chemischen Kräfte, welche auch in der unorganischen Natur zur Geltung kommen; eine besondere »Lebenskraft«, welche nur den Organismen eigen wäre, existirt nicht. In den Samen der Pflanze ist schon eine gewisse Summe von Spannkräften vorhanden, welche bei der Keimung in lebendige Kraft umgesetzt wird und die beginnende Lebensthätigkeit der Keimpflanze bedingt. Das Maass der Kräfte, welche in der sich entwickelnden Pflanze zur Verwendung kommen, steigt aber fortgesetzt und es ergibt sich also, dass der Pflanze von Aussen her Energie zugeführt werden muss.

Die hauptsächlichste Menge der Kraft wird mit der Nahrung als Spannkraft in den Pflanzenkörper eingeführt und erst später durch innere oder äussere Ursachen in lebendige Kraft umgewandelt und für die Unterhaltung der Lebensfunctionen zur Verfügung gestellt. Hiezu kommen als wesentliche Kraftquellen noch die Arbeitsleistungen, welche durch Licht und Wärme von aussen her im Pflanzenkörper verrichtet werden. Als Vorgänge, welche in der Pflanze eine Umsetzung der durch die Ernährung gewonnenen Spannkraft in lebendige Kraft verursachen, kommen hauptsächlich die Imbibition, die Osmose und die Athmung in Betracht.

Imbibition. — Als Imbibition bezeichnet man ganz allgemein die Durchtränkung eines festen Körpers mit einer Flüssigkeit. Bei unorganischen

Körpern erfolgt die Imbibition hauptsächlich in Folge der Capillarwirkung kleinster und lufterfüllter Hohlräume, welche in der Substanz vorhanden sind. Bei organischen Substanzen spielt aber die Capillarwirkung vorhandener Hohlräume eine untergeordnete Rolle bei der Imbibition, hauptsächlich handelt es sich um eine von kleinsten Massentheilchen ausgeübte Adhäsionswirkung, deren Zustandekommen durch die Molekularstruktur der organisirten Substanzen bedingt wird. Um diesen speciellen, für die Physiologie besonders wichtigen Vorgang zu verstehen, müssen wir zunächst eine Vorstellung von der feineren Struktur der organisirten Substanzen zu gewinnen suchen. Da unsere optischen Hülfsmittel bei weitem nicht ausreichen, um über die Molekularstruktur direkten Aufschluss zu geben, so bewegen wir uns hierbei auf dem Gebiete der Hypothese und dürfen es nicht als ausgeschlossen betrachten, dass die Wissenschaft früher oder später einmal eine andere der Natur der Dinge noch besser entsprechende Erklärung für die Beobachtungsthatsachen finden könnte.

Die Chemie lehrt, dass alle Substanzen aus Molekülen aufgebaut sind, welche im chemischen Sinne die kleinste denkbare Menge der betreffenden Substanz repräsentiren. In den organisirten Substanzen des Pflanzen- und Thierkörpers sind diese chemischen Einheiten, die Moleküle, zu gleichartigen Gruppen mit einander vereinigt, welche gewissermaassen als die mechanischen Einheiten, als die Bausteine der organisirten Substanzen anzusehen sind. Wir bezeichnen diese Molekülgruppen als Micelle. Die Micelle sind jedes für sich mit einer Wasserhülle umgeben, welche je nachdem weniger oder mehr Wasser zur Verfügung steht, geringer oder mächtiger sein kann, niemals aber über ein bestimmtes Maass hinaus zunimmt. Die Anziehungskraft, welche die einzelnen Micelle auf das Wasser in ihrer Nähe ausüben, ist wohl im Anfang stärker als die Anziehungskraft der Micelle zu einander, sie nimmt aber mit der Entfernung sehr schnell ab, und wenn die Wasserhülle eine gewisse Mächtigkeit erreicht hat und dadurch die benachbarten Micelle auf eine gewisse Entfernung auseinander gedrängt worden sind, so hält die Anziehungskraft der Micelle zu einander der Anziehungskraft zum Wasser das Gleichgewicht und verhindert eine weitere Zunahme der Wasserhüllen. Die Organisation der Substanz bewirkt also, dass bei Gegenwart von Wasser eine Imbibition erfolgt, durch welche die Substanztheilchen bis zu einer bestimmten Entfernung, welche dem Gleichgewichtszustande der Kräfte entspricht, auseinander gedrängt werden. Im Grossen macht sich die Auseinanderdrängung der Stofftheilchen durch die Anziehung von Wasser als Volumvergrösserung, als Quellung der Substanz bemerkbar. Es ist bekannt mit welcher Kraft derartige Quellungserscheinungen etwa bestehende Widerstände überwinden; quellende Samen vermögen schwere Steine emporzuheben, durch quellende Holzkeile können Felsen auseinander gesprengt werden. Diese Beispiele zeigen ohne Weiteres, dass durch die Imbibition eine beträchtliche Menge lebendiger Kraft verwendbar gemacht werden kann.

Die Bedeutung der Imbibition für die Wasserbewegung in den Zell-wänden ist früher kurz erwähnt worden. Da die Wasserhüllen aller einzelnen Micelle miteinander in Verbindung stehen, findet auf weite Strecken hin eine gleichmässige Vertheilung alles vorhandenen Wassers

in den Membranen statt. Die Anziehung des Wassers durch die Micelle überwiegt die Schwerkraft bedeutend, so dass durch die Imbibition die Wassertheilchen entgegen der Schwere auf grössere Strecken gehoben werden können. Das Imbibitionswasser bildet in den Membranen ein communicirendes im Gleichgewicht befindliches System. Wird dem System an irgend einer Stelle Wasser entzogen, so findet augenblicklich eine Bewegung der Wassertheilchen statt, durch welche ein Ausgleich herbeigeführt wird.

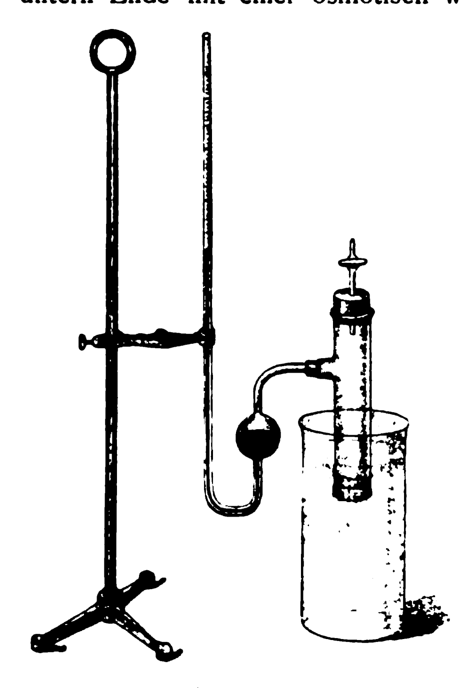
Die Störung des Gleichgewichtes in dem System des Imbibitionswassers erfolgt im normalen Fall, wie wir gesehen haben, durch die Transpiration. Die Kraft, welche in der Wasserverdunstung, das ist in dem Herausreissen von Wassertheilchen aus dem Imbibitionssystem zum Ausdruck kommt, wird durch die Wärme und zwar sowohl durch die äussere Wärme als auch durch die im Innern des Pflanzenleibes producirte Wärme geleistet. Indem unausgesetzt die Transpiration das Gleichgewicht stört, wird fortwährend die Imbibitionsfähigkeit der Membranen als Betriebskraft für den aufsteigenden Saftstrom verwerthet.

Die Imbibition gibt uns auch eine Erklärung dafür, wie es möglich ist, dass in eine organische Substanz, etwa in eine Cellulosewand nachträglich Substanztheile eingelagert werden können, wie das bei der Verholzung und Verkorkung und bei dem Intussusceptionswachsthum der Fall ist. Indem nämlich statt des Wassers wässerige Lösungen von irgend welchen Baustoffen imbibirt werden und die Micelle mit Flüssigkeitshüllen umgeben, kann eine chemische Veränderung der Substanz eingeleitet werden, oder es können die vorhandenen Micelle durch Moleküle aus der Lösung vergrössert werden, oder neue Micelle zwischen den vorhandenen entstehen.

Die Osmose. — Wenn man eine Schweinsblase, welche mit einer starken Rohrzuckerlösung gefüllt ist, fest zubindet und in reines Wasser legt, so schwillt sie allmählich auf und wird straff. Die Flüssigkeitsmenge im Innern der Blase hat sich bedeutend vergrössert, indem Wasser aus der Umgebung die Membran durchwandert hat. Diesen Vorgang bezeichnet man als Osmose oder Diosmose, er ist ein Ausdruck der Anziehungskraft zwischen zwei Substanzen, welche sich durch eine imbibirte Membran hindurch geltend macht. Nehmen wir den einfachsten Fall, dass von den zu beiden Seiten einer organischen Membran befindlichen Flüssigkeiten nur die eine imbibirt werden kann, so kann auch nur diese die Membran durchwandern, es kommt also nur eine einseitige Diosmose zu Stande. Wir müssen annehmen, dass in diesem Falle den Flüssigkeitshüllen der Micelle, welche mit der nicht imbibirten Flüssigkeit in unmittelbarer Berührung stehen, die diosmirende Substanz, Wasser oder gelöste Stoffe, entrissen wird, und dass die dadurch verursachte Gleichgewichtsstörung in dem System der Imbibitionsflüssigkeit einen continuirlichen Zustrom der betreffenden Substanz von der andern Membranseite her veranlasst. In der Mehrzahl der Fälle wird die Diosmose eine doppelseitige sein, indem beide Flüssigkeiten, wenn auch vielleicht in ungleichem Maasse, imbibirbar sind, so dass ein Austausch von Substanz nach beiden Seiten hin erfolgen kann. In dem oben geschilderten Versuch tritt z. B. nicht

nur Wasser aus der Umgebung in die mit Zuckerlösung gefüllte Schweinsblase ein, sondern umgekehrt wandert Zucker aus der Blase in das umgebende Wasser und dieser Process würde, falls nicht äussere Hindernisse vorhanden wären, so lange fortdauern, bis zu beiden Seiten der Membran Zuckerlösung von gleicher Concentration vorhanden wäre.

Durch die Osmose können beträchtliche mechanische Arbeitsleistungen vermittelt werden. Um diese Thatsache durch das Experiment nachzuweisen, verwenden wir denselben Apparat, welcher früher zum Nachweis des Wurzeldruckes benutzt wurde. Das weite Rohr *a* wird an seinem untern Ende mit einer osmotisch wirksamen Membran, etwa mit einem Stück Schweinsblase fest überbunden und sodann von oben her eine fast concentrirte Rohrzuckerlösung in dasselbe gegossen, so dass auch der angrenzende Schenkel des Manometerrohres bis zur Oberfläche des Quecksilbers davon erfüllt wird. Nachdem das weite Rohr oben wieder dicht verschlossen worden ist, taucht man dasselbe mit dem untern Ende in reines Wasser. In Folge der Osmose dringt Wasser durch die Membran in den Apparat und erzeugt im Innern desselben einen hydrostatischen Druck, welcher das Quecksilber in der offenen Manometerröhre emportreibt. Die Höhe bis zu welcher die osmotische Kraft den Druck im Innern des Apparates zu steigern vermag, ist abhängig von der Beschaffenheit der Flüssigkeit und der Membran. Würde der Druck eine gewisse Höhe übersteigen, so müsste endlich der Filtrationswiderstand der Membran überwunden und die Lösung durch dieselbe aus dem Apparat herausgepresst werden. Es wird sich also bei längerer Versuchsdauer ein Gleichgewichtszustand herausstellen.



Figur 163.
Apparat zum Nachweis der durch Osmose erzeugten Druckwirkung. Erklärung im Text auf Seite 174.

Wenn wir uns den Bau der Pflanzenzelle vergegenwärtigen, so werden wir leicht erkennen, welche hohe Bedeutung die osmotischen Processe für den Stoffverkehr in dem Pflanzenkörper haben müssen. Die ausgewachsene Zelle stellt eine von organischer Substanz gebildete, ringsum geschlossene Blase dar, deren Inneres von dem Zellsaft, d. h. von einer wässerigen Lösung verschiedener Salze, Säuren, Zucker, Farbstoffe etc. erfüllt ist.

Die Wand der Blase wird gebildet von der Zellmembran und von dem dieselbe auskleidenden Protoplasmaschlauch. Das Imbibitionsvermögen der Zellhaut und des lebenden Protoplasmas sind nicht gleich und in Folge

dessen sind auch die osmotischen Eigenschaften der beiden wesentlich von einander verschieden.

Die Zellwand besitzt die grössere Durchlässigkeit, durch sie diosmiren manche Substanzen, welche das Protoplasma nicht zu durchwandern vermögen. Der Beweis ist durch ein einfaches Experiment leicht zu liefern. Legt man Epidermiszellen des Blattes von Tradescantia in eine mit rothem Kirschsaft gefärbte Zuckerlösung, so wird durch den Zucker dem Zellsafte Wasser entzogen, das Protoplasma zieht sich zusammen und weicht von den Zellwänden zurück. In den Raum, welcher dadurch zwischen Zellwand und Protoplasma in jeder Zelle entsteht, dringt auf osmotischem Wege die gefärbte Lösung ein, das Protoplasma und der von ihm eingeschlossene Zellsaft bleiben dagegen ungefärbt.

Die geringere Durchlässigkeit des lebenden Protoplasmas verhindert nicht nur, dass gewisse Stoffe von aussen her in die Zelle eindringen, sondern sie hält auch Stoffe, welche im Zellsaft gelöst sind, in der Zelle zurück. Legen wir eine sorgfältig abgespülte Scheibe einer rothen Rübe in klares Wasser, so bleibt das Wasser lange Zeit ungefärbt, ein Beweis, dass der in jeder Zelle vorhandene rothe Farbstoff nicht durch das lebende Protoplasma diosmiren kann. Eine Prüfung des Wassers mit Fehling'scher Lösung, ergiebt, dass auch von dem in den Zellen abgelagerten Zucker nichts durch das Protoplasma hindurch gedrungen ist. Tödtet man aber durch Eintauchen in heisses Wasser das Protoplasma in den Zellen des Rübenstückes, so gelangen sowohl Farbstoff als Zucker leicht in das umgebende Wasser.

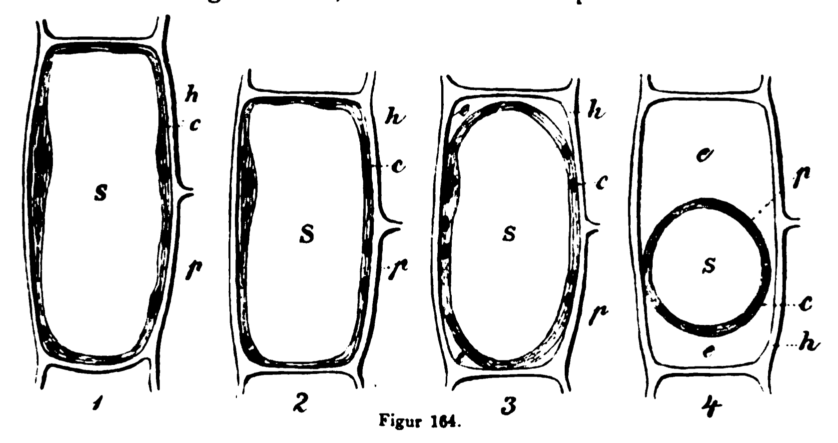
Es muss erwähnt werden, dass auch nicht alle Zellwände gleiche diosmotische Eigenschaften besitzen, besonders zeigen die verkorkten Membranen geringe Durchlässigkeit für Wasser. Auch das Protoplasma der verschiedenen Zellen dürfte sich hinsichtlich der diosmotischen Fähigkeiten verschieden verhalten; ja es ist sogar wahrscheinlich, dass innerhalb derselben Zelle die einzelnen Theile des Protoplasmakörpers besondere diosmotische Eigenschaften zeigen und dass diese Eigenschaften während des Lebens dem Wechsel unterworfen sein können.

Die specifische osmotische Befähigung der pflanzlichen Membranen und des Protoplasmas gibt uns eine Erklärung dafür, warum nicht alle im Bodenwasser gelösten Substanzen in die Pflanze eindringen und weshalb das Mengenverhältniss, in welchem die einzelnen Nährstoffe von der Pflanze aufgenommen werden, unabhängig ist von dem Mengenverhältniss in welchem dieselben im Nährboden vorhanden sind.

Wenn im Vorstehenden die Wichtigkeit der osmotischen Vorgänge für die Wanderung der Stoffe von Zelle zu Zelle hervorgehoben wurde, so ist doch zu bemerken, dass unter Umständen ein Transport von Stoffen von Zelle zu Zelle auch noch in anderer Weise denkbar ist. Es ist in einem früheren Abschnitt kurz erwähnt worden, dass die Protoplasmakörper benachbarter Zellen in manchen Fällen in direkter Verbindung stehen. Durch zarte Poren in der trennenden Membran sind äusserst feine Verbindungsfäden ausgespannt. Wenn nun auch an einen Transport fester Stoffe vermittelst dieser Protoplasmaverbindungen nicht gedacht werden kann, so ist doch die Möglichkeit gegeben, dass gelöste Substanzen in

dem Imbibitionswasser des Protoplasmas sich durch Diffusion verbreiten und so auf dem Wege der Protoplasmaverbindungen auch durch die Poren der Membran hindurch in die Nachbarzellen gelangen.

Die verschiedenen Stoffe, welche im Innern der Zelle in Lösung vorhanden sind, veranlassen eine Wasserzufuhr von aussen her auf diosmotischem Wege. Dadurch wird, wenn genügende Wassermengen zur Aufnahme vorhanden sind, von dem Protoplasma aus ein Druck auf die feste Zellwand bewirkt. Dieselbe wird elastisch gespannt und verhindert endlich durch den ausgeübten Gegendruck eine weitere Wasseraufnahme. Die Spannung zwischen Zellwand und Zellinhalt wird als **Turgor** oder Turgescenz der Zelle bezeichnet. Auf dem Turgor der Zellen beruht die straffe aufrechte Haltung aller saftigen Pflanzentheile. Wenn für eine Pflanze Wassermangel eintritt, so dass der Transpirationsverlust aus dem



Figur 164.

Parenchymzelle aus der Rinde des Blüthenstiels von Cephalaria leucantha im optischen Längsschnitt. *h* **Zellhaut,** *p* **Protoplasma,** *c* **Chlorophyllkörper,** *s* **Zellsaft. In 1 ist die Zelle turgescent, in 2 ist durch Einwirken einer vierprocentigen Salpeterlösung der Turgordruck bis zur Entspannung der Zellhaut verringert. 3 und 4 zeigen verschiedene Stadien der Plasmolyse, veranlasst durch stärkere Salpeterlösungen, wobei die plasmolysirende Lösung in den mit** *e* **bezeichneten Raum zwischen Zellwand und Protoplasma eindringt (nach De Vries).**

im Innern der Pflanze vorhandenen Wasser gedeckt werden muss, so sinkt der Turgor in den Zellen, die saftigen Pflanzentheile werden welk und schlaff bis erneute Wasserzufuhr den Turgor wiederherstellt.

Wenn man die Zellen mit Lösungen in Berührung bringt, welche stärker wasseranziehend wirken, als die im Zellinnern vorhandenen, wenn man etwa turgescente Zellen in genügend starke Salz- oder Zuckerlösung oder in verdünntes Glycerin legt, so wird durch die Wasserentziehung ebenfalls der Turgor herabgesetzt bis zur gänzlichen Entspannung der Zellwand. Wirkt das wasserentziehende Medium noch weiter fort, so löst sich der Protoplasmaleib der Zelle von der Zellwand ab und zieht sich entsprechend dem Wasserverlust auf einen kleinen Raum zusammen. Dieser Vorgang wird als **Plasmolyse** bezeichnet (Fig. 164). Ersetzt man das wasseranziehende Mittel rechtzeitig durch Wasser, so wird die Plasmolyse wieder aufgehoben und der Turgor wiederhergestellt.

Die Athmung. — Nicht alle durch den Ernährungsprocess erzeugten organischen Stoffe treten dauernd als Baustoffe in die Körpersubstanz des Pflanzenleibes ein, ein Theil derselben wird im weitern Verlaufe des Stoffwechsels wieder zerstört. Es handelt sich dabei um einen in jeder lebenden Zelle fortgesetzt sich abspielenden Verbrennungsvorgang, durch welchen Betriebskräfte für die Unterhaltung der Lebensthätigkeit der Zelle gewonnen werden. Aeusserlich macht sich dieser Vorgang in einer Aufnahme von Sauerstoff und in einer Abgabe von Kohlensäure durch die Pflanze bemerkbar, man bezeichnet denselben als Athmung.

Wir können den Sauerstoffverbrauch athmender Pflanzen durch ein einfaches Experiment nachweisen. In einen oben abgeschliffenen Glascylinder bringen wir einige in lebhaftem Wachsthum begriffene Hutpilze, oder wir füllen denselben etwa zu einem Drittel mit Erbsen an, in welchen durch eintägiges Liegen in Wasser der Keimungsprozess angeregt worden ist. Wir schliessen die Oeffnung des Cylinders durch eine aufgelegte Glasplatte und lassen den Apparat etwa 24 Stunden unberührt stehen. Nach Verlauf dieser Zeit ist der Sauerstoff des im Cylinder abgeschlossenen Luftquantums verbraucht, ein brennendes Licht, welches wir mittelst einer Drahtstange in den Cylinder bringen, verlischt sofort. Ein auf gleiche Weise hineingebrachtes Gläschen mit Barytwasser zeigt durch die Trübung der Flüssigkeit das Vorhandensein von Kohlensäure an. Da indes die Luft in dem Cylinder von Anfang an einen, wenn auch geringen Procentsatz von Kohlensäure enthielt, so ist zum exakten Nachweis der Kohlensäureausscheidung eine andere Anordnung des Versuches nöthig, welche durch die Figur 166 veranschaulicht wird.

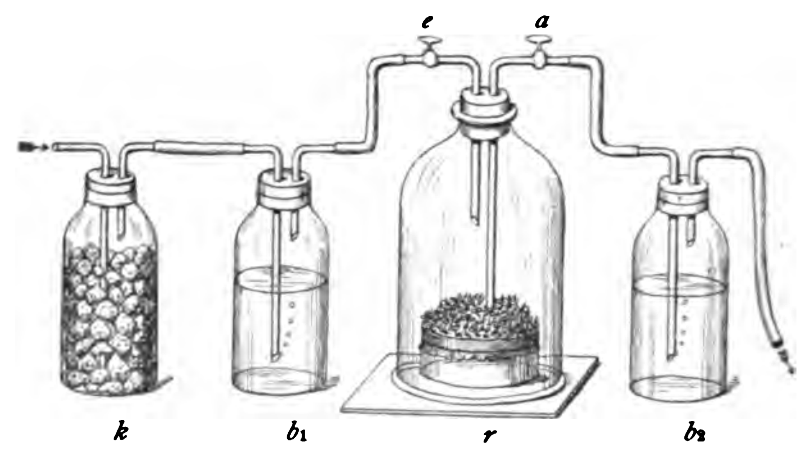


Figur 165.

Sachs'scher Versuch zum Nachweis des Sauerstoffverbrauchs durch athmende Pflanzen (nach Oels). Erklärung im Text auf Seite 177.

In der unten abgeschliffenen tubulierten Glasglocke *r*, welche luftdicht auf eine Glasplatte aufgesetzt ist, befindet sich keimende Gerste. Durch den Tubulus der Glocke sind luftdicht zwei mit Glashähnen versehene, gebogene Röhren geführt. Durch die eine derselben *e* soll Luft in die Glocke hineingeleitet werden, durch die andere *a* soll die Luft aus der Glocke herausgesaugt werden. Die durch *e* eintretende Luft wird vorher durch das Gefäss *k* geleitet. Die in demselben vorhandenen Bimsteinstücke sind mit Kalilauge getränkt, welche der durchströmenden Luft alle Kohlensäure entreisst. Um uns zu überzeugen, dass die Luft nach dem Verlassen des Gefässes *k* wirklich kohlensäurefrei geworden ist, leiten wir dieselbe, bevor sie in die Glasglocke einströmt, in das mit Barytwasser gefüllte Gefäss b_1. Etwa noch vorhandene Kohlensäure würde durch Trübung des Barytwassers angezeigt werden. Wenn aber die Einrichtung so getroffen wird, dass die Luft nur langsam durch das Gefäss *k* streicht, so bleibt das Barytwasser in b_1 völlig klar; allen-

falls kann man den Luftstrom noch durch ein zweites Gefäss mit Kalilauge leiten. Es kann also zu den Keimlingen unter der Glocke *r* nur kohlensäurefreie Luft gelangen. Bevor wir nun den Apparat weiter zusammensetzen, saugen wir mit Hülfe einer Wasserstrahlluftpumpe, welche mit dem freien Ende der Röhre *a* verbunden ist, einige Zeit hindurch kohlensäurefreie Luft durch die Glocke *r* bis wir sicher annehmen dürfen, dass das ursprünglich vorhandene Quantum atmosphärischer Luft in der Glocke *r* durch die hinzuströmende Luft verdrängt worden ist. Sodann schliessen wir die beiden Glashähne in den Röhren *a* und *e* und schalten zwischen der Röhre *a* und der Luftsaugpumpe das Gefäss b_2 ein, welches klares Barytwasser enthält. Setzen wir nun nach Oeffnung der Glashähne die Luftpumpe in Thätigkeit, so strömt fortgesetzt kohlensäurefreie Luft in



Figur 166.

Apparat nach Sachs zum Nachweis der Kohlensäureausscheidung. Die von links her eintretende Luft wird in dem Gefäss *k*, welches Bimsteinstücke mit Kalilauge enthält, kohlensäurefrei gemacht und strömt durch das in b_1 enthaltene Barytwasser ohne es zu trüben in den Recipienten *r*. Dort befinden sich lebende Keimpflanzen, welche Kohlensäure ausathmen. Die von dort durch das Rohr *a* kommende Luft trübt daher das Barytwasser in b_2.

die Glasglocke *r* ein, die dort befindlichen Keimpflanzen aber scheiden bei der Athmung Kohlensäure aus. Die Luft, welche aus der Glasglocke in das Gefäss b_2 gelangt, ist also wieder kohlensäurehaltig und trübt in Folge dessen das Barytwasser.

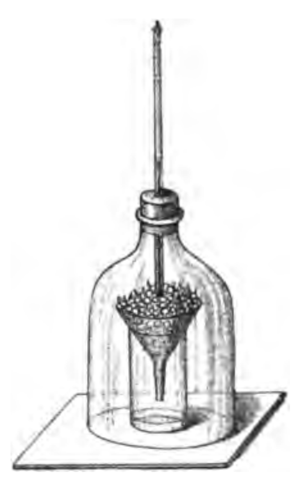
Wenn man lebende Pflanzen in einer sauerstofffreien Atmosphäre, etwa in Wasserstoff oder im luftleeren Raum wachsen lässt, so hört die Kohlensäureausscheidung nicht augenblicklich auf, sondern dauert bisweilen noch mehrere Stunden lang fort. Die Zerlegung der organischen Substanzen in den Zellen, welche zu der Kohlensäurebildung führt, findet also auch unabhängig von der Einwirkung des äusseren Sauerstoffes statt. Der zu der Kohlensäurebildung nöthige Sauerstoff stammt aus dem Molekularverbande des Pflanzenkörpers.

Diese Kohlensäurebildung, welche also auf einer molekularen

Aenderung der organischen Substanzen des Pflanzenkörpers beruht, wird als intramolekulare Athmung bezeichnet. Sie ist der eigentlich wesentliche Vorgang bei dem Athmungsprozess. Die Sauerstoffaufnahme von aussen her ist nur die Folge des durch die intramolekulare Athmung geschaffenen Sauerstoffbedürfnisses in der organischen Substanz des Pflanzenleibes.

Wir haben in der Athmung einen Lebensprozess vor uns, der in seinen äusseren Erscheinungen dem Prozesse der Assimilation genau entgegengesetzt ist. Bei der Letzteren werden unter Aufwand der von Licht und Wärme gelieferten Kräfte, organische Verbindungen zusammengesetzt, indem Kohlensäure aufgenommen und Sauerstoff abgegeben wird; es wird also die Summe der im Pflanzenkörper vorhandenen Spannkräfte erhöht: bei der Athmung dagegen werden organische Verbindungen unter Sauerstoffzufuhr verbrannt und Kohlensäure abgegeben; ein Theil der durch die Assimilation gewonnenen Spannkraft wird dadurch in lebendige Kraft umgesetzt und für die Unterhaltung der Lebensvorgänge in den Zellen zur Verfügung gestellt.

Die Menge der von einer assimilirenden Pflanze aufgenommenen Kohlensäure überwiegt bedeutend die Kohlensäuremenge, welche durch die Athmung von derselben Pflanze abgegeben wird. Die Folge davon ist, dass während der Assimilation die Ausathmung von Kohlensäure der Beobachtung entzogen wird; wir haben deshalb für die Versuche über die Athmung Objekte gewählt, welche kein Chlorophyll besitzen und also nicht assimiliren. Will man grüne Pflanzen für die Experimente benützen, so ist es nöthig, die Versuchspflanzen zu verdunkeln, um die Assimilation und den dadurch bedingten Gasaustausch zu verhindern. Im natürlichen Verlauf der Dinge überwiegt nach dem Gesagten bei den grünen Pflanzen am Tage die Sauerstoffabgabe; in der Nacht dagegen, wo der Athmungsprozess allein zur Geltung kommt, scheiden die Pflanzen Kohlensäure aus.

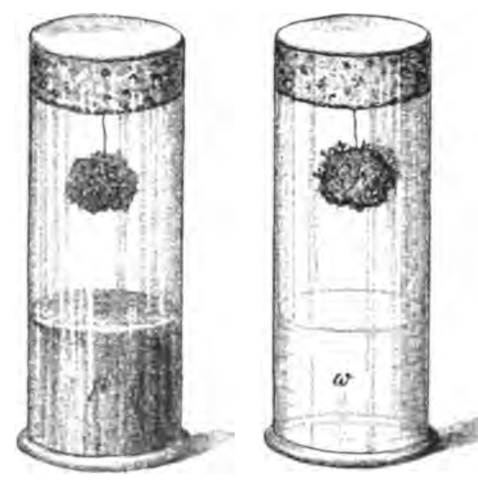


Figur 167.

Apparat zum Nachweis der Wärmeerzeugung bei der Athmung. Erklärung im Text auf S. 179.

Dass bei der Athmung der Pflanzenzelle Spannkraft in lebendige Kraft übergeführt wird, geht aus der dabei nachweisbaren Wärmeerzeugung hervor. Unter gewöhnlichen Umständen ist freilich der als äussere Wärme bemerkbare Ueberschuss an lebendiger Kraft gering und wird durch die Strahlung und durch den Wärmeverbrauch bei der Transpiration leicht ausgeglichen, bei vorsichtiger Versuchsanstellung gelingt es indes auch, die Erwärmung athmender Pflanzentheile direkt nachzuweisen. Wir füllen einen Glastrichter, der in einem Becherglase mit etwas Kalium steht, mit keimenden Erbsen oder Getreidekörnern an und überdecken denselben mit einer tubulirten Glasglocke, durch deren Tubulus ein genaues Thermometer so weit eingeschoben ist, dass die Quecksilberkugel sich zwischen den Erbsen oder Blüthenköpfchen befindet. Die Glocke darf nicht dicht

schliessen, damit Luft in den Raum strömen kann; die Kalilauge in dem Becherglase ist bestimmt, die produzirte Kohlensäure aufzunehmen, um eine die Athmung beeinträchtigende Ansammlung derselben zu verhüten. In einen ganz gleichen Apparat füllen wir den Trichter mit feuchten Papierkügelchen an. Beide Apparate werden so neben einander aufgestellt, dass alle äusseren Bedingungen für beide möglichst gleich sind. Nach einiger Zeit zeigt das Thermometer in dem mit keimenden Samen beschickten Apparat eine um einen oder einige Grade höhere Temperatur an als dasjenige des Controllapparates. Als Ausnahme von der Regel sind die Fälle zu betrachten, in denen durch sehr intensive Athmung ein so starker Wärmeüberschuss in Pflanzentheilen erzielt wird, dass die Erwärmung schon äusserlich durch das Gefühl bemerkbar ist. So ist z. B. an dem Spadix der aufblühenden Inflorescenzen von Arumarten bisweilen eine Selbsterwärmung bis zu 15 und mehr Graden Cels. zu beobachten. Ebenso ist auch die Umsetzung der durch die Athmung frei werdenden Kraft in strahlende Energie bei der Phosphorescenz der selbstleuchtenden Pflanzen, des Agaricus melleus u. a. m. als ein seltenes Vorkommnis zu betrachten, dem eine allgemeine Bedeutung nicht beigemessen werden kann.



Figur 168.

Apparat zum Nachweis der Thatsache, dass Samen bei Sauerstoffausschluss nicht keimen. *p* Pyrogallussäure. *w* Wasser. Erklärung im Text auf S. 180.

In einem früheren Abschnitt ist gesagt worden, dass mit Ausnahme einer geringen Anzahl niederer gährungerregender Organismen alle Pflanzen ebenso wie die Thiere eine Sauerstoffzufuhr zur Unterhaltung ihrer Lebensprozesse nöthig haben. Wenn wir Pflanzen in eine sauerstofffreie Atmosphäre bringen, so werden alle Lebensäusserungen unterbrochen, und wenn die Sauerstoffentziehung von längerer Dauer ist, so tritt der Tod ein. Auch für die beginnende Lebensthätigkeit keimfähiger Samen ist die Sauerstoffathmung ein unbedingtes Erfordernis: Wenn wir keimfähige Samen in einer Wasserstoffathmosphäre oder im luftleeren Raum unter sonst günstige Keimungsbedingungen bringen, so bleibt die Keimung aus.

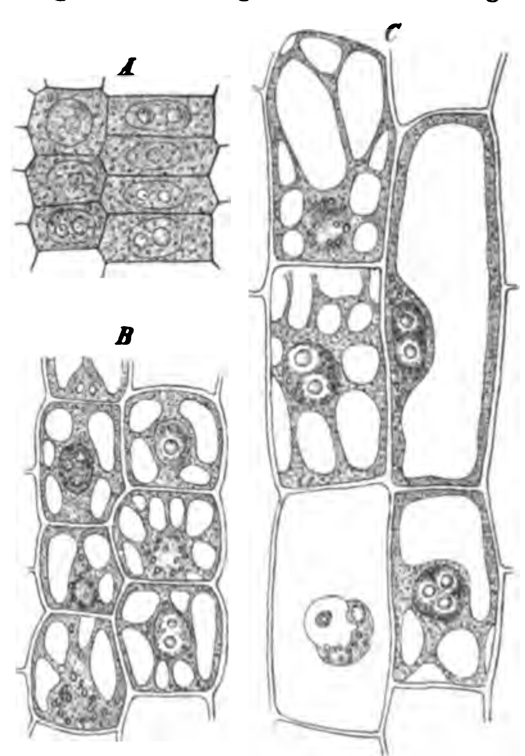
Wir füllen, um den Versuch anzustellen (Fig. 168), in einen nicht zu hohen Glascylinder mit gutschliessendem Stopfen etwas Pyrogallussäure, durch welches dem darüber verbleibenden Luftquantum der Sauerstoff entzogen wird. An dem Stopfen befestigen wir ein feuchtes Schwämmchen, auf welches einige Kresssamen ausgesäet sind. Oben auf den ein wenig in den Cylinder hinabgedrückten Stopfen giessen wir geschmolzenes Parafin oder Quecksilber, um einen luftdichten Verschluss zu erzielen. Zur Kontrolle

wird ein gleiches Gefäss in gleicher Weise hergerichtet, nur mit dem Unterschiede, dass statt der Pyrogallussäure Wasser eingefüllt wird. Nach kurzer Zeit keimen die Samen in dem Kontrollapparat, während die Samen über der Pyrogallussäure selbst bei längerer Versuchsdauer ungekeimt bleiben.

Verwenden wir bei dem Versuch Keimpflanzen, deren Wurzel schon eine gewisse Länge erreicht hat, so lässt sich durch die direkte Messung constatiren, dass in sauerstofffreiem Raume kein Wachsthum stattfindet. Werden die Versuchspflanzen nicht zu lange dem Sauerstoffmangel ausgesetzt, so können sie später unter normalen Bedingungen sich auch wieder normal weiter entwickeln.

4. Das Wachsthum.

Das Wachsthum der Pflanzen beruht im Wesentlichen darauf, dass die durch den Ernährungsprozess gewonnenen organischen Verbindungen in die Körpersubstanz der Organismen eingefügt werden. Wir können das Wachsthum im Allgemeinen definiren als eine Volumvermehrung, welche bleibende Gestaltveränderungen veranlasst. Während der Verlauf des Wachsthums in den einzelnen Entwickelungsstadien der Pflanze und ihrer Organe in gewissem Grade durch den Einfluss äusserer Umstände mechanisch erklärbar erscheint, ist die durch das Wachsthum erreichte Gestalt der Pflanze und ihrer Theile als der Ausdruck erblicher Eigenschaften anzusehen, für deren Natur und Wirksamkeit wir zur Zeit keine genügende Erklärung haben.



Figur 169.
Parenchymzellen aus der Wurzelrinde der Kaiserkrone in verschiedenen Wachsthumsstadien. **A** Embryonales Stadium, **B** und **C** in Streckung begriffene Zellen. (Nach Sachs).

Das Wachsthum der Zellen. — Bei den aus Zellen aufgebauten Gewächsen haben wir zwei das Wachsthum bedingende Vorgänge zu unterscheiden, die Vermehrung der Zellenzahl und die Vergrösserung der einzelnen Zellen. Die Vermehrung der

Zellenzahl findet, wie wir früher gesehen haben, hauptsächlich in den jugendlichen Pflanzentheilen, in dem meristematischen Gewebe der Vegetationspunkte und im Cambium der älteren Organe statt. Dieselbe braucht nicht direkt ein Wachsthum, d. i. eine bleibende Gestaltveränderung der betreffenden Pflanzentheile, zu bewirken, denn die durch die Zelltheilung entstehenden neuen Zellen nehmen vorerst keinen grösseren Raum ein, als die Mutterzelle aus der sie hervorgegangen sind. Sie behalten indes ihre ursprüngliche Dimension nicht dauernd bei. Die jugendlichen Zellen sind ganz oder fast ganz von Protoplasma erfüllt; später vergrössern sich dieselben wesentlich, indem die organische Substanz der Zellwand und des Protoplasmas durch Aufnahme geeigneter Baustoffe vermehrt wird und indem im Protoplasma Vakuolen auftreten, welche sich mehr und mehr vergrössern und endlich den mittleren Theil der Zellhöhlung ganz einnehmen (Fig. 169). Nachdem die Zellen ihre definitive Grösse erreicht haben, findet noch eine specifische Ausgestaltung derselben statt. Wir können also in dem Entwickelungsgange einer Zelle drei aufeinanderfolgende Stadien oder Phasen erkennen: 1. den embryonalen Zustand, 2. den Zustand der Streckung, der zur Erreichung der definitiven Grösse und Gestalt führt, und 3. den Zustand der inneren Ausbildung. Die regelmässige Aufeinanderfolge dieser drei Wachsthumsphasen bezeichnet man als die grosse Periode.

Ein direkter Einblick in die Mechanik des Wachsthums der organischen Substanzen des Protoplasmas und seiner Theile und der Zellwand ist selbst mit den besten optischen Hülfsmitteln unmöglich. Wir sind bezüglich derselben wieder auf eine Hypothese angewiesen, die an die Vorstellung über den molekularen Bau der organisirten Substanz anknüpft. Das Protoplasma ist der eigentliche Träger des Lebens. In seinem Innern vollziehen sich wie wir gesehen haben, fortgesetzt complicirte Stoffwechselvorgänge; Aufbau und Zertrümmerung von Molekülen gehen neben einander her. Zu jeder Zeit werden Stoffe aufgenommen und ausgeschieden. Wenn die Aufnahme die Ausgabe übersteigt, so muss eine Volumvermehrung zu Stande kommen, im entgegengesetzten Fall tritt eine Volumverminderung ein. Die beiden Fälle können zu jeder Zeit miteinander abwechseln, so dass also hier von einer bleibenden Volumveränderung nicht gesprochen werden kann. Bestimmtere Vorstellungen lassen sich schon gewinnen, wenn wir nicht das gesammte Protoplasma einer Zelle, sondern einzelne bestimmt geformte Theile, wie die Chlorophyllkörper oder organische Einschlüsse wie die Stärkekörner ins Auge fassen, oder wenn wir unsere Betrachtung auf die Cellulosewand der Zelle beziehen.

Alle diese Gebilde sind aus Micellen aufgebaut, welche von Flüssigkeitshüllen umgeben sind. Diese Struktur ermöglicht es, dass Moleküle der Baustoffe in das Innere der Substanz zwischen die vorhandenen Micelle einwandern können. Sie können dort entweder sich an die Micelle ansetzen, oder aber sie vereinigen sich an einzelnen Punkten in den Intermicellarräumen zu neuen Micellen, die sich mit eigener Flüssigkeitshülle umgeben. Es ist klar, dass dadurch die vorhandenen Micelle auseinandergerückt werden müssen und dass also die Substanzvermehrung eine bleibende Volumvergrösserung des Gesammtkörpers zur Folge hat. Man bezeichnet

diesen Wachsthumsvorgang, dessen Vorbedingung die Imbibition ist, als Intussusception. Neben diesem Wachsthum kann nun bei den Stärkekörnern und bei den Zellwänden noch eine andere bleibende Volumvergrösserung vor sich gehen dadurch, dass vom Protoplasma neue Lamellen der betreffenden Substanz gebildet und auf die vorhandenen aufgelagert werden. Dieser Vorgang wird als Apposition bezeichnet. Durch Apposition kann nur eine Dickenzunahme nicht aber die Flächenvergrösserung der Zellwand erklärt werden.

Bei der Streckung der Zellen ist es hauptsächlich die Ausbildung der Vakuolen im Zellinnern und das Flächenwachsthum der Zellwand durch welches die bleibende Volumveränderung bewirkt wird. Die Einlagerung neuer Substanz in die Zellwand bedingt, wie wir gesehen haben, ein Auseinanderdrängen der vorhandenen Micelle, es muss also dabei die Cohäsionskraft zwischen den Micellen überwunden werden. In kräftig wachsenden Zellen ist durch die vom Turgor bewirkte elastische Dehnung der Zellwand schon ein Theil der Cohäsionskraft überwunden, so dass dadurch die Intussusception erleichtert wird. Früher nahm man an, dass der Turgor die unerlässliche Vorbedingung für das Zustandekommen des Flächenwachsthums der Zellwand sei; in neuester Zeit ist indes von Pfeffer durch exakte Versuche gezeigt worden, dass auch unabhängig von der Dehnung, ein beträchtliches Flächenwachsthum durch Intussusception erfolgen kann und dass auch normaler Weise im Pflanzenkörper intensivste Turgescenz und ausgiebigstes Flächenwachsthum der Zellwand nicht überall neben einander hergehen.

In der dritten Wachsthumsphase erlangen die Zellen ihre definitive Ausbildung. Dieselbe kann sich sowohl auf den Zellinhalt als auf die Zellwand oder auf beide zugleich beziehen. Unter der Umbildung des Inhaltes haben wir die Chlorophyllbildung in den Zellen des Assimilationsgewebes, ferner die Ablagerungen von Reservestoffen und Sekreten, zu verstehen, die sich in den Zellen des Speichergewebes und in den Sekretzellen vollziehen; auch das gänzliche Schwinden des lebenden Zellinhaltes in den Holzfasern, in den Zellen, welche zu Gefässgliedern werden u. a. m., gehört hierher. Die häufigsten Umbildungen, welche die Zellwände in dem dritten Wachsthumsstadium erfahren, bestehen in der Ausbildung der auf Seite 93 besprochenen Wandverdickungen und in chemischen Veränderungen der Wandsubstanz durch Verholzung oder Verkorkung. Endlich ist auch die Auflösung von Zellwänden oder von einzelnen Theilen derselben, wie sie bei der Bildung der Gefässe und bei der Entstehung mancher Sekretbehälter eintritt, hier anzuführen.

Das Wachsthum der Organe. — Wir können am Pflanzenkörper bezüglich der Wachsthumsverhältnisse zwei Gruppen von Organen unterscheiden: einmal solche Organe, welche längere Zeit unbegrenzt fortwachsen, wie die Wurzeln und die vegetativen Sprossachsen, und zweitens Organe, welche nach einiger Zeit eine definitive Grösse und Gestalt erreichen, wie die Blätter und die Blüthen. Bei Organen der letzteren Art ist es leicht, ebenso wie bei den Zellen, eine grosse Periode des Wachsthums zu erkennen. Jedes Blatt, jede Blüthe tritt zuerst als ein aus embryonalem Gewebe bestehendes Höckerchen auf, welches alsbald

in die zweite Wachsthumsphase, in die Periode der Streckung eintritt und zu seiner definitiven Grösse und Gestalt heranwächst. Sobald dieses Stadium erreicht ist, findet nur noch innere Differenzirung der Theile statt, welche zur endgültigen Ausbildung des Organes, zu dem Zustande des Ausgewachsenseins führt.

Aber auch bei den Organen mit unbegrenztem Wachsthum können wir die grosse Periode constatiren. Wir tragen auf die Keimwurzel einer grossen Bohne, Vicia Faba, von der Spitze anfangend, Tuschmarken in gleichen Abständen auf und befestigen die Bohne in einem Glascylinder, so dass die Wurzelspitze senkrecht abwärtsgekehrt ist (Fig. 170 **A**). Durch Anbringung von Fliesspapierstreifen, welche in das den Boden des Cylinders bedeckende Wasser tauchen, wird die Luft im Gefässe feucht erhalten. Um jeglichen Einfluss des Lichtes auf das Wachsthum der Wurzel abzuhalten, stellen wir den Apparat ins Dunkle. Nach einiger Zeit sehen wir, dass die Wurzel sich durch Wachsthum verlängert hat und dass ein Theil der Tuschmarken dadurch ungleichmässig auseinandergerückt worden ist (Fig. 170 **B**). Es ergibt sich daraus, dass sich das kräftigste Wachsthum der Wurzel auf eine kurze Strecke beschränkt, welche wenige Millimeter hinter der Spitze liegt. Das unmittelbar an der Wurzelspitze gelegene Gewebe zeigt geringe Zunahme. Es ist die Zone des embryonalen Gewebes, in welchem die Zellvermehrung durch fortgesetzte Theilung erfolgt. Darauf folgt ein in lebhafter Streckung befindlicher Abschnitt der Wurzel, auf welchem die Tuschmarken den weitesten Abstand erreicht haben. Der noch weiter rückwärts liegende Theil der Wurzel hat keine Streckung mehr erfahren, er hatte beim Beginn des Versuches schon seine definitive Grösse erreicht und befindet sich in der letzten Wachsthumsphase der inneren Ausbildung.



Figur 170.

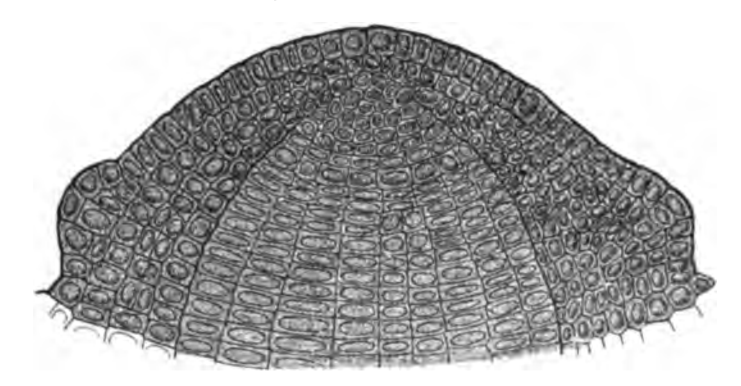
A Apparat zur Beobachtung des Wachsthums der Wurzel einer Bohne. **B** Die Spitze einer mit Tuschmarken versehenen Bohnenwurzel zu Anfang und zu Ende des Versuchs. Vergl. Text auf Seite 184.

Der Unterschied der fortwachsenden Organe von denjenigen, welche ein begrenztes Wachsthum besitzen, beruht also nur darin, dass bei den letzteren alles embryonale Gewebe gleichmässig in Streckung und innere Ausbildung übergeht, während bei den ersteren an der Spitze ein Theil des embryonalen Gewebes erhalten bleibt, um fortgesetzt nach rückwärts hin Gewebetheile abzugeben, welche zunächst in Streckung übergehen und dann durch innere Ausbildung den Endzustand erreichen.

Das Experiment mit der durch Tuschmarken bezeichneten Wurzel kann uns auch Auskunft geben über den zeitlichen Gang des Längenwachsthums in der Periode der Streckung. Wir sehen, dass an dem der Wurzelspitze zunächstliegenden Theil der in Streckung begriffenen Zone nur wenig Wachsthum stattgefunden hat. An den nächst älteren Theilen nimmt die Wachsthumsgrösse schnell zu, weiter oben aber werden die Abstände zwischen den Tuschmarken wieder geringer bis zu der Zone,

in welcher überhaupt kein Auseinanderrücken der Marken mehr bemerkbar ist. An den soeben aus dem embryonalen Zustande heraustretenden Zonen der Wurzel setzt also die Streckung langsam ein, sie wird dann allmählich beschleunigt, bis sie in einer gewissen Entfernung von der Wurzelspitze ihr Maximum erreicht und nimmt von dort aus allmählich wieder ab, um endlich mit dem Abschluss der zweiten Wachsthumsphase ganz zu erlöschen.

Wir haben nun zunächst auf die drei Wachsthumsphasen der Organe noch etwas näher einzugehen. Wir haben gesehen, dass in dem embryonalen Gewebe des Pflanzenkörpers fortgesetzt Zelltheilungen erfolgen und dass die dadurch gebildeten Zellen nachträglich eine erhebliche Streckung erfahren. Es darf aus dieser zeitlichen Aufeinanderfolge der Zelltheilung und der Streckung nicht gefolgert werden, dass die Theilungsvorgänge unabhängig von dem Wachsthum etwa aus inneren Ursachen erfolgten. Vielmehr ist die Zelltheilung eine Folge des Wachsthums. Sobald eine



Figur 171.

Längsschnitt durch den Vegetationspunkt einer Winterknospe der Edeltanne. Die Zellwände lassen, soweit nicht durch die Anlagen seitlicher Organe eine Störung veranlasst wird, eine regelmässige Anordnung zu confocalen Parabeln erkennen. (Nach Sachs.)

theilungsfähige embryonale Zelle durch Wachsthum eine gewisse Maximalgrösse erlangt hat, tritt in ihr Kern- und Zelltheilung ein und die entstandenen Tochterzellen wachsen erst wieder bis zu ihrer Maximalgrösse heran, bevor weitere Theilungen erfolgen. Wird das Wachsthum des embryonalen Gewebes durch mangelhafte Ernährung gehemmt, so bleibt auch die Zahl der Zelltheilungen geringer als in normalen gut ernährten Vegetationspunkten.

Die Richtung, in welcher die Theilung der embryonalen Zellen erfolgt, ist nicht eine beliebige, sondern sie wird durch bestimmte äussere Umstände bedingt. Im allgemeinen gilt das Gesetz, dass die neue Wand die Mutterzelle in annähernd gleiche Hälften theilt und sich rechtwinklig an die vorhandene Zellwand ansetzt, und dass ferner die Theilung senkrecht zu der Richtung des intensivsten Wachsthums erfolgt. In fadenförmigen Verbänden cylindrischer Zellen erfolgt also mit seltenen Ausnahmen die Theilung quer zur Längsrichtung des Fadens. In Gewebekörpern, wie sie die Vegetationspunkte der höheren Pflanzen darbieten,

lassen sich diese Verhältnisse nicht mehr so leicht übersehen, indes ist sehr häufig schon aus den zwischen der Zellanordnung und der äusseren Form des Gewebekörpers vorhandenen einfachen geometrischen Beziehungen auf eine durch äussere Umstände mechanisch bedingte Gesetzmässigkeit in der Folge und Richtung der Zelltheilungen zu schliessen. Man bezeichnet die Zellwände, welche der Oberfläche des Organes parallel verlaufen, als Periklinen, diejenigen, welche zur Oberfläche hin gerichtet sind, als Antiklinen. In dem sehr häufigen Fall, dass der Vegetationspunkt eines Sprosses annähernd die Form eines Paraboloids besitzt, finden wir in Folge des gesetzmässigen Verlaufes der Zelltheilungen die Periklinen und Antiklinen auf dem Längsschnitt des Vegetationskegels anfangs zu zwei Scharen confocaler Parabeln angeordnet (Fig. 171). Später geht durch Verschiebung der Zellen während der Streckung die Regelmässigkeit der Anordnung meistens verloren.

Wir dürfen uns den Vorgang der Streckung in dem in der zweiten Wachsthumsphase begriffenen Abschnitt eines Pflanzenorganes nicht so vorstellen, als ob die Gesammtmasse der Zellen gleichmässig an Ausdehnung gewinnt, sondern jede Zelle verlängert sich selbständig nach Massgabe des in ihr stattfindenden Flächenwachsthums der Zellwand und der durch den Turgor bewirkten Dehnung. Die Bildsamkeit der organischen Substanz der Zellwand gestattet es, dass die ungleichmässig sich vergrössernden Zellen an einander hingleiten und Raum gewinnen, ohne dass es durch entstehende Spannungen zur Zerreissung des Gewebeverbandes zu kommen braucht. Man bezeichnet diesen Vorgang als gleitendes Wachsthum. In Folge des Turgordruckes hat jede Zelle das Bestreben ihren Gesammtumriss möglichst abzurunden. Auch diesem Bestreben wird durch die Plasticität der organischen Substanz der Wände Rechnung getragen, indem die Zellwände an den Kanten der Zellen sich spalten, so dass Intercellularräume entstehen, welche schliesslich durch den ganzen Körper der erwachsenen Pflanze ein zusammenhängendes System von lufterfüllten Hohlräumen darstellen.

Die Spannungen zwischen den einzelnen Zellen eines Gewebecomplexes werden, wie wir sahen, durch das gleitende Wachsthum und durch die Ausbildung von Intercellularräumen ziemlich vollständig ausgeglichen; indem aber ganze Gewebecomplexe ein ungleichmässiges Wachsthum bethätigen, kommen im Pflanzenkörper Gewebespannungen zu Stande, welche wesentlich zur Festigung krautartiger Pflanzentheile beitragen. An den Sprossen ist die äussere Gewebeschicht durch das stärkere Wachsthum der innern Theile passiv gedehnt. Wenn wir z. B. von einem Internodium eines krautartigen Stengels einen Gewebestreifen der Länge nach abschälen, so zieht sich derselbe augenblicklich zusammen und verkürzt sich soweit, dass er nicht mehr zur Bedeckung der durch das Abschälen entstandenen Wunde ausreicht. An den Wurzeln zeigen umgekehrt die äusseren Gewebepartieen das stärkste Wachsthum. Halbiren wir eine junge Wurzel der Länge nach, so krümmen die Hälften sich einwärts, weil entsprechend der bestehenden Spannung, der Gefässbündelstrang sich zusammenzieht, die Rinde dagegen sich auszudehnen strebt.

Die passive Dehnung, welche die oberflächlichen Gewebepartieen

der Sprosse erfahren, bezieht sich nicht nur auf die Längsrichtung des Organes, sondern die Gewebe sind auch quer gespannt. Schneiden wir eine Querscheibe aus einem krautartigen Internodium heraus und führen durch dieselbe einen Schnitt in der Richtung eines Radius bis zur Mitte, so klafft der Schnitt auseinander, weil die äusseren Gewebe, das Hautgewebe und die darangrenzenden Theile der Rinde sich zusammenziehen.

Als einen Ausdruck von Querspannungen in den Geweben der Sprosse müssen wir ferner das Hohlwerden vieler Internodien und Blattstiele ansehen. Das Markgewebe vermag in ihnen der starken Querausdehnung der äusseren Gewebeschichten durch Wachsthum nicht mehr zu folgen und zerreisst. In vielen Fällen scheinen nebenbei noch andere innere Ursachen bei der Entstehung der hohlen Internodien eine Rolle zu spielen.

Als die Folgen eines ungleichmässigen Längenwachsthums verschiedener Gewebepartieen müssen wir auch die eigenthümlichen Bewegungserscheinungen gewisser wachsender Pflanzentheile ansehen, welche im Folgenden kurz besprochen werden sollen. Wenn wir über dem noch nicht mit einer Stütze in Berührung befindlichen Gipfel einer windenden Pflanze eine Glasplatte in horizontaler Lage befestigen und von Zeit zu Zeit die Lage, welche die Spitze des etwas überhängenden Sprossgipfels einnimmt mit einem Farbstift auf der Platte markiren, so ergibt sich meist schon nach einer oder nach einigen Stunden aus der gegenseitigen Lage der aufeinander folgenden Marken, dass der Sprossgipfel der Pflanze fortgesetzt herumschwingt und mit seiner Spitze annähernd eine Kreislinie oder eine Elipse beschreibt. Man bezeichnet diese Erscheinung als die revolutive Nutation oder Circumnutation des Sprosses. Sie kommt dadurch zu Stande, dass nacheinander die verschiedenen Seiten des Sprosses stärker in die Länge wachsen als die entgegengesetzte Sprossseite. Die Nutation ermöglicht dem Spross der Schlingpflanzen das Auffinden und Ergreifen einer Stütze. Die Erscheinung ist indes nicht auf den Spross der Schlingpflanzen beschränkt, sondern im Pflanzenreich weit verbreitet und an vielen Pflanzenorganen beobachtet worden. Während meistens, besonders bei cylindrischen Organen, die Stelle stärksten Längenwachsthums allmählich das Organ umkreist und nacheinander alle Seiten desselben trifft, wechseln in manchen Fällen nur zwei diametral gegenüberliegende Seiten in der Wachsthumsintensität, so dass also die Spitze des Organes pendelartig hin und her schwingt, man spricht dann von pendelartiger Nutation. Diese letztere Art des ungleichmässigen Wachsthums bewirkt z. B. das periodische Oeffnen und Schliessen mancher Blüthen, und das zustande kommen der Tag- und Nachtstellung bei vielen Laubblättern, denen besondere Bewegungsorgane fehlen.

Endlich haben wir auch der Einkrümmung der Ranken als einer Folge ungleichseitigen Wachsthums hier zu gedenken. Sobald eine wachsende Ranke mit der rauhen Oberfläche einer Stütze in Berührung tritt, vermindert sich der Turgor in den Zellen der berührten Seite. Die Seite bleibt in der Folge im Wachsthum hinter der entgegengesetzten Seite wesentlich zurück, und es entsteht eine scharfe Einkrümmung, durch welche die Spitze der Ranke um die Stütze herumgeschlungen wird. Indem sich die Wachsthumsverzögerung später auch auf die basalen

Theile der Ranke fortsetzt, entsteht zwischen den gegenüberliegenden Seiten eine starke Gewebespannung, welche bewirkt, dass sich die Ranke in ihrem freien Theil korkzieherartig einrollt. Da Basis und Spitze der Ranke fixirt sind, so kann die Einrollung nur in der Weise vor sich gehen, dass ein Theil nach rechts, ein Theil nach links gewunden ist (Fig. 172).

Die Veränderungen, welche während der dritten Wachsthumsphase in den Organen des Pflanzenkörpers vor sich gehen, bestehen hauptsächlich in der Gewebedifferenzirung, welche aus der definitiven Ausbildung der Zellen sich ergibt. Für die Sprosse und Wurzeln des grössten Theiles der Blüthenpflanzen kommt noch das durch ein Cambium vermittelte sekundäre Dickenwachsthum hinzu, welches sich bei den holzbildenden Gewächsen bis an das Lebensende hin fortsetzt. Die morphologische Seite dieser Erscheinung ist schon früher in einem besonderen Abschnitt (Seite 127 f.) eingehender erörtert worden, wir können uns hier deshalb in dieser Beziehung mit dem Hinweis auf das dort Gesagte begnügen.

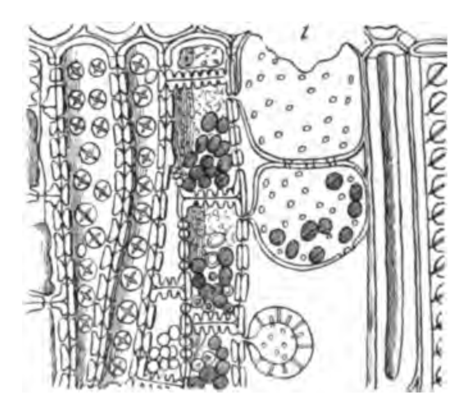


Figur 172.

Ranke von Bryonia dioica, welche eine Stütze ergriffen hat. (Nach Sachs.)

Die aus dem Cambium hervorgegangenen Zellen durchlaufen denselben Entwickelungsgang wie die aus den Vegetationspunkten hervorgehenden Zellen, bevor sie aus dem embryonalen Zustand in das Stadium des Ausgewachsenseins gelangen. Die Längenstreckung ist bei manchen dieser Zellen freilich eine sehr geringe oder unterbleibt ganz. Wo ergiebige Längenstreckung erfolgt, wie bei den Zellen, welche zu Bastfasern oder zu Holzfasern werden, da werden dieselben durch gleitendes Wachsthum ermöglicht, ohne dass der ganze Pflanzentheil dadurch einen Längenzuwachs erfährt. In den ausgewachsenen Gewebeelementen des Holzkörpers langlebiger Pflanzen pflegen sich in späteren Jahren noch nachträgliche Veränderungen zu vollziehen, die man in ihrer Gesammtheit als die Verkernung des Holzes bezeichnet. Im Wesentlichen besteht die Verkernung in einer Ablagerung von Harzen, Holzgummi, Gerbstoffen oder irgend welchen Farbstoffen in den Wandungen sowohl als in den Hohlräumen der Zellen und Gefässe. Das durch die Einlagerung gebildete Kernholz ist meistens bedeutend dunkler, schwerer und fester als die nicht verkernte äussere Zone des Holzkörpers, welche als Splintholz bezeichnet wird; es ist durch die Einlagerung für die Emporleitung des Wassers untauglich gemacht, gewinnt aber für die mechanische Festigkeit des Holzstammes an Bedeutung. Neben der Verkernung tritt in dem älteren Holz vieler Bäume und Sträucher häufig noch eine andere sekundäre Erscheinung auf, welche als Tyllenbildung bezeichnet wird. Die Tyllenbildung besteht darin, dass die Schliesshäute einzelner Tüpfel zwischen

den Gefässen und den angrenzenden Holzparenchymzellen sich in den Hohlraum der Gefässe hinein vorwölben und zu blasenartigen Ausstülpungen, den Tyllen, heranwachsen, in welche der Zellinhalt der Parenchymzellen hineinreicht. Der Hohlraum der Gefässe wird endlich oft ganz von den Tyllen erfüllt (Fig. 173).



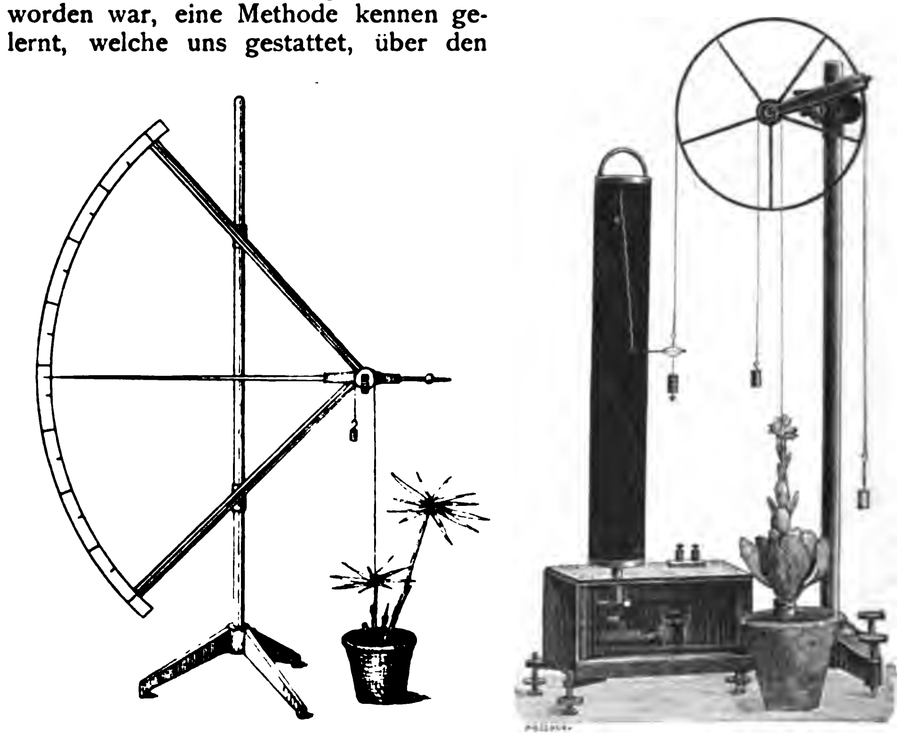
Figur 173.
Längsschnitt aus dem Holz der Eiche. *t* Hohlraum eines Gefässes mit Tyllenbildung. (Nach Hartig.)

Das Wachsthum des Gesammtorganismus. — Die Periodicität, welche wir in dem Wachsthum der Zelle und der einzelnen Pflanzenorgane kennen gelernt haben, spiegelt sich im Grossen und Ganzen auch in der Lebensgeschichte des ganzen Pflanzenindividuums wieder. Betrachten wir zunächst eine einjährige Pflanze. Die Anlage des jungen Pflänzchens in dem von der Mutterpflanze gebildeten Samen besteht ganz aus embryonalem Gewebe. Sie hat in den sie umgebenden Gewebeschichten des Samens oder in den Zellen ihrer ersten Blätter, den Cotyledonen einen Vorrath von Nährstoffen mitbekommen, die für die ersten bei der Keimung eingeleiteten Wachsthumsprozesse das Material liefern. Mit der Keimung tritt die Pflanze in die Phase der Streckung, des vegetativen Wachsthums ein. Ein anfangs langsames, allmählich schneller werdendes Wachsthum beginnt, durch welches die Pflanze die für sie charakteristische Form und Grösse erlangt. Gegen das Ende der Vegetationszeit wird der Zuwachs allmählich wieder geringer, bis er endlich ganz aufhört, so dass alle Kräfte und Stoffe für die Frucht- und Samenbildung zur Verfügung stehen. An der erwachsenen einjährigen Pflanze lässt sich häufig aus der Grösse und Vertheilung der seitlichen Glieder noch nachträglich der geschilderte Gang der Entwickelung ersehen. Am untern Ende sind die Blätter klein, die Internodien kurz, weiter oben folgt eine Region mit grossen Laubblättern, welche durch lange Internodien getrennt sind, und zum Gipfel hin nimmt die Blattgrösse und die Länge der Internodien wieder schrittweise ab.

Wir dürfen uns den Verlauf des Wachsthums der einjährigen Pflanze nun freilich nicht so vorstellen, als ob von der Keimung bis zu der Periode kräftigsten Wachsthums eine continuirliche Steigerung der Zuwachsgrösse und von dort bis zum Aufhören des Wachsthums eine beständige Verminderung derselben stattfände. Der Einfluss der äussern Umstände, besonders der Wechsel von Tag und Nacht, bewirkt vielmehr, dass das Wachsthum unausgesetzt schwankt. Die Kurve, durch welche wir uns die Periodicität des Wachsthums versinnlichen können, stellt also nicht eine einfache nach oben gekrümmte Bogenlinie dar, sondern eine vielfach gewellte Linie, deren höchste Erhebung über die Abscissenachse dem Wachsthumsmaximum der grossen Periode entspricht. Die durch die

Wellung angedeuteten sekundären Maxima und Minima entsprechen Wachsthumsschwankungen, welche sich innerhalb eines Tages abspielen. Man bezeichnet den Verlauf derselben als die Tagesperiode des Wachsthums. Für die mehrjährigen Gewächse kommt in dem Gesammtverlauf des Wachsthums noch der Einfluss der Jahreszeiten hinzu, der sich gleichfalls in periodischer Steigerung und Verminderung der Zuwachsgrösse geltend macht.

Wir haben in dem auf Seite 184 beschriebenen Versuch mit der Bohnenwurzel, welche in gleichen Abständen mit Tuschmarken versehen worden war, eine Methode kennen gelernt, welche uns gestattet, über den



Figur 174.

Zeiger am Bogen. Erklärung im Text auf Seite 190.

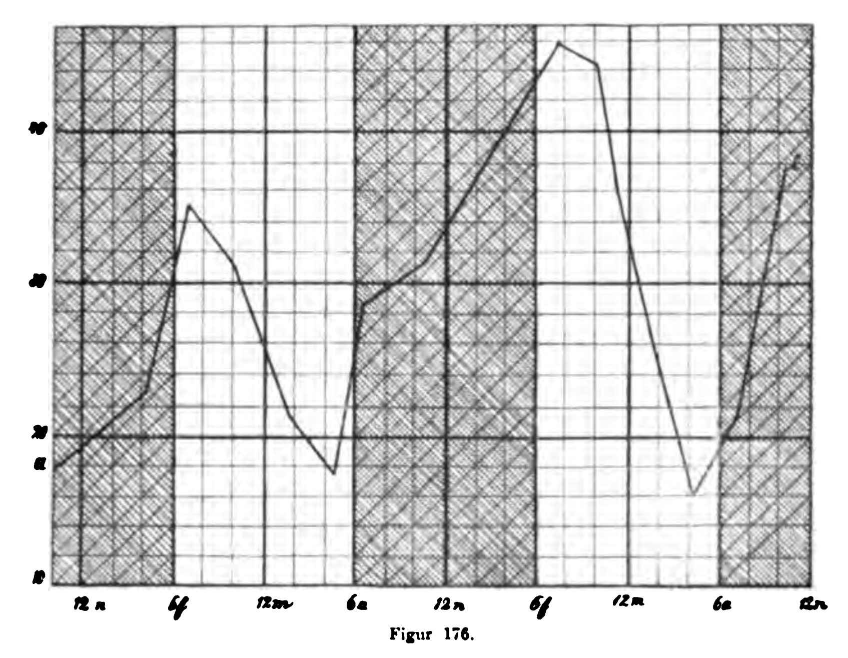
Figur 175.

Auxanometer. Erklärung im Text auf Seite 191.

Verlauf der Streckung in den einzelnen Querscheiben eines Organs Aufschluss zu gewinnen. Wollen wir den Verlauf der Zuwachsbewegung eines ganzen Pflanzentheiles beobachten, so können wir uns dazu eines von Sachs construirten Apparates, des Zeigers am Bogen bedienen, welcher in Figur 174 abgebildet ist. An einem festen Eisenstativ ist ein graduirter Kreisbogen mit grossem Radius befestigt, über welchem ein um den zugehörigen Kreismittelpunkt* drehbarer Zeiger spielt. Der letztere ist leicht beweglich und mit einem Gegengewicht versehen, so dass sein Schwerpunkt in die Drehungsachse fällt und der Zeiger sich also in jeder

Lage im Gleichgewicht befindet. Auf der Achse des Zeigers ist eine Rolle mit geringem Durchmesser befestigt. Um einen Versuch mit dem Apparat anzustellen, setzen wir eine Pflanze, deren Organe im Wachsthum begriffen sind, unter die Achse des Zeigers. Ein Faden, welcher mittelst einer Schlinge am Gipfel eines Sprosses befestigt ist, wird über die Rolle geleitet und durch ein daran gehängtes Gewichtchen gespannt. Die Zuwachsbewegung des Sprosses wird nun durch den Faden auf die Rolle übertragen und durch die Spitze des Zeigers vielfach vergrössert an dem Kreisbogen angezeigt.

Wenn man den Apparat vor Erschütterungen bewahrt und einen Faden verwendet, der nicht zu sehr durch den wechselnden Feuchtigkeits-



Figur 176.

Zuwachsbewegungen des Stengels einer Dahlia variabilis, während zweier Tage. (Nach Sachs.) Erklärung im Text auf Seite 192.

gehalt der Luft beeinflusst wird, so kann man mit Hülfe des Zeigers am Bogen hinreichend genaue Beobachtungen machen. Für genauere Untersuchungen hat man feinere, selbstregistrirende Apparate construirt, welche als Auxanometer bezeichnet werden. Im Prinzip stimmen dieselben mit dem Zeiger am Bogen überein. Bei dem in Figur 175 abgebildeten Auxanometer*) wird die Zuwachsbewegung der Pflanze mittelst eines Fadens auf eine Rolle übertragen. Eine an derselben Achse befestigte Rolle mit bedeutend grösserem Radius gibt an ihrem Umfange die Bewegung stark vergrössert wieder und theilt sie einem Zeiger mit, welcher

*) Der Apparat wird von dem Universitätsmechaniker Albrecht in Tübingen gefertigt.

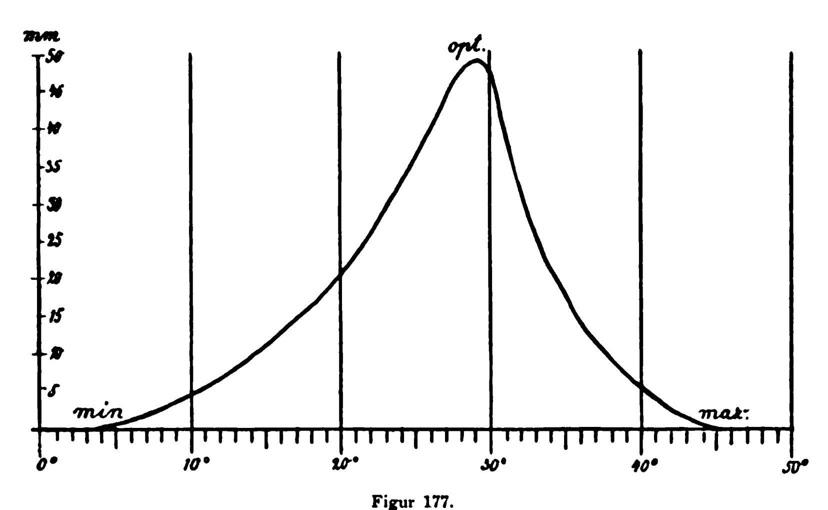
an einem um die Rolle geschlungenen Faden befestigt ist. Der Zeiger zeichnet dann den Gang der Bewegung auf einem berussten Cylinder auf, welcher durch ein Uhrwerk von Stunde zu Stunde um ein kleines Stück seines Umfanges gedreht wird. Durch einen solchen Apparat wird also der Wachsthumsverlauf selbstthätig registrirt, und man kann am Ende des Versuchs den Zuwachs in den einzelnen Zeitabschnitten genau vergleichen.

Wir wollen zunächst die mit einem der vorstehend geschilderten Apparate gewonnenen Resultate benutzen, um den Verlauf der Tagesperiode in einem concreten Fall kennen zu lernen. In Figur 176 ist eine auf rechtwinklige Coordinaten bezogene Curve gezeichnet, welche den Verlauf des Längenwachsthums eines Sprosses von Dahlia variabilis während zweier Tage darstellt. Als Abscissen sind die Tagesstunden aufgetragen, die Theile des Systems, welche den Nachtstunden von 6 Uhr abends bis 6 Uhr früh entsprechen, sind schraffirt. Die Curve wurde in der Weise construirt, dass jedesmal der dreistündige Zuwachs mit dem Zeiger am Bogen bestimmt und in vierundzwanzigfacher Vergrösserung als Ordinate für die betreffende Tagesstunde eingetragen wurde. Wir ersehen aus dem Verlauf der Curve ohne Weiteres, dass sich das Wachsthum während der Nacht steigert, bis es in den frühen Morgenstunden sein Maximum erreicht. Dann nimmt tagsüber die Wachsthumsgeschwindigkeit wieder ab. Am Nachmittag wird das Minimum erreicht, mit der beginnenden Dämmerung tritt wieder eine Steigerung ein.

In ähnlicher Weise wie in dem vorliegenden Beispiel verläuft das Wachsthum bei den meisten Pflanzen. Die Lage des Maximum und Minimum kann nach der Eigenart der Pflanze wohl zeitlich verschoben sein, auch die Grösse des Zuwachses und die Amplitude der täglichen Wachsthumsschwankung können erheblich verschieden sein, im Allgemeinen aber wird während der Nacht die Zuwachsbewegung beschleunigt, während des Tages tritt eine Verzögerung derselben ein. Die Allgemeinheit, mit welcher diese tägliche Wachsthumsschwankung bei den Gewächsen sich geltend macht, berechtigt zu dem Schluss, dass die Tagesperiode des Wachsthums als das Resultat eines direkten Einflusses der äusseren Umstände anzusehen ist. Tag und Nacht sind aber nicht einfache Faktoren, sondern ganze Complexe wechselnder äusserer Umstände. Mit der Beleuchtung können auch die Temperatur und der Feuchtigkeitsgehalt der Luft wechseln und ihren veränderten Einfluss auf das Wachsthum geltend machen. Wir haben also, um das Wesen der Wachsthumsperioden eingehender zu erforschen, den Einfluss jedes einzelnen dieser Faktoren für sich allein zu studiren, wozu wieder die für Wachsthumsmessungen construirten Apparate als Hülfsmittel dienen müssen.

Was zunächst den Einfluss der Temperatur auf den Verlauf des Längenwachsthums der Pflanzen anbetrifft, so haben zahlreiche exakte Untersuchungen ergeben, dass ganz allgemein die Steigerung der Wärme innerhalb gewisser für die einzelnen Pflanzen individuell verschiedener Grenzen eine stetige Zunahme des Wachsthums zur Folge hat, dass aber nach Ueberschreitung des Temperaturoptimums die Zuwachsgrösse wieder stetig abnimmt, bis bei einer gewissen Temperatur das Wachsthum

gänzlich erlischt. Die in Figur 177 dargestellte Curve, welche den Einfluss verschiedener Temperaturgrade auf das Längenwachsthum der Wurzel von Pisum sativum darstellt, kann als Beispiel für diese Thatsache gelten. Für die Beeinflussung des Wachsthums durch das Licht lässt sich kein allgemein giltiges Gesetz auffinden. Es gibt Pflanzen, für deren Wachsthum das Licht ohne jeden Einfluss ist, bei der Mehrzahl der Gewächse aber vermindert sich das Wachsthum in der Helligkeit, während die Verdunkelung, auch wenn alle übrigen äusseren Umstände constant erhalten werden, eine Beschleunigung des Wachsthums zur Folge hat. Man könnte versucht sein, den Einfluss des Lichtes auf den Verlauf des Längenwachsthums der Pflanzen mit der Assimilation in Beziehung zu setzen, indessen ist die Wachsthumsverzögerung durch Beleuchtung bei manchen chlorophyllfreien Pflanzen ebenso stark ausgeprägt als bei den



Figur 177.

Curve, welche das Längenwachsthum der Wurzel von Pisum sativum in gleichen Zeiträumen unter dem Einfluss verschieden hoher Temperatur darstellt.

grünen Gewächsen. Der Wechsel des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft endlich beeinflusst hauptsächlich die Transpiration der Pflanzen und durch diese den Turgor der Zellen und die Menge des Imbibitionswassers, welche zu dem Wachsthum der Zellen in Beziehung stehen. Im Allgemeinen äussert sich dieser Einfluss dadurch, dass bei Verminderung der Luftfeuchtigkeit eine Verlangsamung, bei Erhöhung derselben eine Beschleunigung des Längenwachsthums der Sprosse erzielt wird.

Wenn nun auch feststeht, dass der mannichfache Wechsel der äusseren Umstände den Verlauf der Tagesperiode wesentlich beeinflusst, so darf nicht übersehen werden, dass auch unabhängig von äusseren Einflüssen aus inneren Ursachen unbekannter Art Schwankungen des Wachsthums vor sich gehen, welche bei dem Zustandekommen der täglichen Periodicität mit betheiligt sind. Hält man Pflanzen, welche die Tagesperiode des Wachsthums zeigen in constanter Dunkelheit, unter

gleichmässigen äussern Bedingungen, so verschwindet die Periodicität nicht, ihre Schwankungen, die Lagen des Maximums und Minimums werden aber zeitlich mehr und mehr gegen den Ablauf der Tageszeiten verschoben. Es erscheint daher fast so, als ob der Wechsel der äusseren Umstände, der äusserlich in Tag und Nacht zum Ausdruck kommt, hauptsächlich die zeitliche Dauer der einzelnen Wachsthumschwankungen regulirt, während die Amplitude der Schwankungen wesentlich mit durch innere Ursachen bestimmt wird.

In gleicher Weise wie die täglichen Wachsthumsschwankungen ist auch die Jahresperiode der langlebigen Gewächse durch den Wechsel der äusseren Umstände beeinflusst. Die einheimischen Pflanzen machen während der Winterzeit eine Ruheperiode durch, während welcher das Wachsthum gänzlich unterbrochen wird. Der Umstand, dass die Ruheperiode auch dann eintritt, wenn wir eine solche Pflanze dem Einfluss der Winterkälte rechtzeitig entziehen, beweist, dass die Periodicität nicht einfach als eine direkte Folge des Einflusses der äusseren Umstände angesehen werden darf, sondern dass hier wie bei der Tagesperiode des Wachsthums die Wirkung innerer Ursachen in ausschlaggebender Weise zur Geltung kommt.

5. Innere Ursachen für die Gestaltungsvorgänge beim Wachsthum.

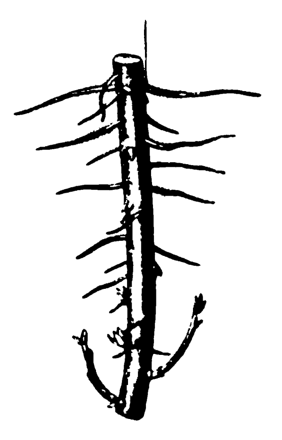
Die Formgestaltung, welche die Pflanze durch das Wachsthum erlangt, wird im Grunde durch innere Ursachen erblicher Natur bestimmt, in jedem Falle entwickelt sich die Pflanze aus dem Samen zu einem Gebilde, das in allen Theilen nach Form und Funktion den Elternpflanzen ähnlich ist und in gleicher Weise Nachkommen von ähnlicher Ausbildung erzeugt. Wir sind nicht im Stande, die Wirkungsweise der innern Ursachen, auf denen die erbliche Aehnlichkeit in der Formbildung der einzelnen Pflanzenart beruht, mechanisch zu erklären; indess ist ein causales Verständniss der Erscheinung angebahnt durch die Erkennung der Thatsache, dass das befruchtete Ei, aus dem die neue Pflanze hervorgeht, einen Theil von der lebenden Substanz der Elternpflanzen darstellt. Diese Substanz vergrössert sich durch Wachsthum, das heisst, sie vermag von aussen her zugeführte Baustoffe in sich aufzunehmen, ohne dadurch ihre specifischen Eigenschaften zu ändern. Da nun alle Zellen des Pflanzenkörpers durch Zelltheilung aus der einen Eizelle hervorgegangen sind, so enthält auch jede derselben einen Theil des Keimplasmas, auf dessen Vorhandensein die Uebertragung der specifischen Formgestaltung von den Eltern auf die Nachkommen beruht.

Durch die mit dem Keimplasma vererbten specifischen Eigenschaften ist indess gewissermassen nur der Grundplan für die Formgestaltung der sich entwickelnden Pflanze gegeben; der ganze Gang der Entwickelung und damit auch innerhalb gewisser Grenzen die als Endresultat erreichte Form der Pflanze und ihrer Organe stehen unter dem Einfluss der äusseren Lebensbedingungen. Wir können deshalb die inneren Wachsthumsursachen

auch definiren als die ererbte Eigenschaft der Pflanzen, auf die äusseren Einflüsse in specifischer, aus der Wirkung der äusseren Einflüsse mechanisch nicht erklärbarer Weise zu reagiren.

Im Folgenden sollen einige allgemeine Thatsachen, welche die Wirkungsweise der inneren Ursachen betreffen, erörtert werden.

Bei der Besprechung der Morphologie des Pflanzenkörpers haben wir bei den meisten Pflanzen eine gewisse **Polarität** im Körperbau, eine Gegensätzlichkeit zwischen Basis und Spitze des Pflanzenkörpers constatiren können. Diese Polarität ist auch im physiologischen Sinne in allen Organen der höheren Pflanzen und in jedem Bruchstück derselben vorhanden. Unabhängig von den äusseren Umständen wird bei der Entwickelung des Embryos allein durch die Lage, welche das Ei in dem Körper der Mutterpflanze hat, der Ort bestimmt, an welchem sich die Basis und Spitze, die Wurzel und der Spross ausbilden, und mit der Beziehung der seitlichen Organe zu ihrer Abstammungsachse ist für diese die Lage ihrer Basis und ihrer Spitze unwandelbar bestimmt. Wenn wir ein abgeschnittenes Stück von dem Spross einer höheren Pflanze, etwa von einem Weidenzweig, in feuchter Luft zum Austreiben bringen, so entwickeln sich zuerst an dem zur Spitze hin gekehrten Ende Seitensprossen, während an dem entgegengesetzten Ende Adventivwurzeln ausgebildet werden, gleichviel ob wir bei dem Versuch die organische Spitze des Zweigstückes nach aufwärts oder nach unten kehren. Es zeigt sich also, dass die Polarität nicht das Resultat eines direkten Einflusses der Schwerkraft ist, sondern dass eine innere erbliche Eigenschaft die Ursache der Erscheinung ist.



Figur 178.
Spross- und Wurzelbildung an einem in umgekehrter Lage aufgehängten Zweigstück der Weide. (Nach Hansen).

Zwischen der Wachsthumsrichtung, Grösse und Gestalt und dem anatomischen Bau der einzelnen Organe des Pflanzenkörpers bestehen gewisse, durch innere Ursachen bedingte Beziehungen, welche als **Correlationen** bezeichnet werden. Bisweilen mögen ernährungsphysiologische Vorgänge die Erklärung für die Correlationserscheinungen bieten. So besteht z. B. ein bestimmtes Verhältniss zwischen der Entwickelung der Laubkrone und des Wurzelsystems vieler Gewächse. Kann sich aus irgend welchen Gründen das Wurzelsystem nur schwach entwickeln, so gewinnt auch die Laubkrone nur geringe Ausdehnung, und umgekehrt veranlasst eine Beschränkung der Laubbildung durch äussere Umstände auch eine Schwächung des Wurzelvermögens. Zufuhr der Nährstoffe und Assimilation sind eben in gleicher Weise bei dem Zustandekommen einer kräftigen Ernährung betheiligt. In den Inflorescenzen mancher Blüthenpflanzen, z. B. vieler Borragineen, bleiben die zuletzt gebildeten Blüthenanlagen unentwickelt, alle verfügbaren Baustoffe werden für die Entwickelung der ersten Blüthen und für die Ausbildung ihrer Früchte aufgebraucht. Werden aber die ersten Blüthenanlagen frühzeitig

entfernt, so gelangen die späteren Anlagen, denen nunmehr die Baustoffe zuströmen, zur Entwickelung und Fruchtbildung.

Ein ähnliches Verhältniss, wie hier zwischen den verschieden alten Blüthenanlagen, besteht auch zwischen den Achselknospen an den Trieben der Laubbäume. Im Allgemeinen sind die an dem Spitzenende der Triebe gelegenen Achselknospen in der Ernährung bevorzugt, nur sie gelangen im normalen Verlauf des Wachsthums zum Austreiben, während die weiter rückwärts stehenden Knospen unentwickelt bleiben. Entfernt man vor dem Austreiben der Knospen durch Beschneiden die Triebspitzen mit den bevorzugten Knospen, so werden die rückwärtsliegenden Knospen zum Austreiben gebracht und selbst schlafende Augen, welche schon Jahre lang im Ruhezustand verharrt haben, können auf diese Weise noch zur Entwickelung gebracht werden, ein Umstand, der für den Gärtner bei der Erziehung von Formbäumen und Spalierbäumen grosse Bedeutung hat. Offenbar werden beim Beschneiden der Bäume durch die Beseitigung der concurrirenden bevorzugten Knospen die vorhandenen Bildungsstoffe für die ruhenden Knospen disponibel, wodurch die Entwickelung der letzteren ermöglicht und veranlasst wird.

In vielen Fällen können indess, wie die folgenden Beispiele zeigen, Ernährungsverhältnisse allein nicht die Erklärung für die Correlationserscheinungen liefern. Wenn man den senkrecht stehenden Gipfeltrieb einer Fichte abschneidet, so wenden sich einer oder einige der unterhalb des Gipfels stehenden, horizontal gerichteten Seitentriebe senkrecht nach oben und nehmen die Eigenschaft von Haupttrieben an. Das Vorhandensein des Gipfeltriebes bildet also durch eine Verknüpfung unbekannter innerer Ursachen den Grund für die horizontale Stellung und dorsiventrale Ausbildung der Seitensprosse. Ein ähnliches Beispiel bietet die Kartoffelpflanze. An der Basis des Laubsprosses derselben entspringen Ausläufer, welche normaler Weise an ihrer Spitze zu stärkereichen Knollen anschwellen. Schneidet man aber frühzeitig den Laubtrieb fort, so unterbleibt die Knollenbildung an den Ausläufern; dieselben richten sich mit ihrer Spitze nach oben und werden zu Laubsprossen. Die Achselknospen, welche in den Blattachseln der Laubbäume stehen, entwickeln sich normaler Weise im ersten Jahre nicht; sie werden zu Winterknospen, deren erste Blätter als Knospenschuppen den inneren Theil der ganzen Anlage schützend umhüllen. Wird aber ein Spross im Frühjahr der Blätter beraubt, so gelangen die Achselknospen schon im selben Jahr zur Entfaltung, wobei auch die ersten Blätter, welche normal zu Knospenschuppen geworden wären, laubblattartig ausgebildet werden.

Die Zahl der Beispiele liesse sich leicht vermehren; das Gesagte wird genügen, das Wesen der Correlationserscheinungen zu demonstriren. Unter dem beständig fortwirkenden Einfluss der Correlationen gewinnt die wachsende Pflanze ihre normale Gestalt, deshalb treten die Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Organen des Pflanzenkörpers gewöhnlich nicht deutlich hervor; es ist gewissermassen stets ein Gleichgewichtszustand bezüglich der gegenseitigen Beeinflussung der Organe vorhanden. Stört man aber durch einen operativen Eingriff das bestehende Verhältniss, so werden unter dem Einfluss der Correlationen Wachsthumsvorgänge

veranlasst, die zur Wiederherstellung des Gleichgewichtszustandes führen. Die durch den Eingriff herbeigeführte Veränderung des Zustandes wirkt dabei nur als auslösender Reiz, die darauf erfolgenden Wachsthumsvorgänge werden durch den gegebenen Anstoss in keiner Weise ursächlich erklärt.

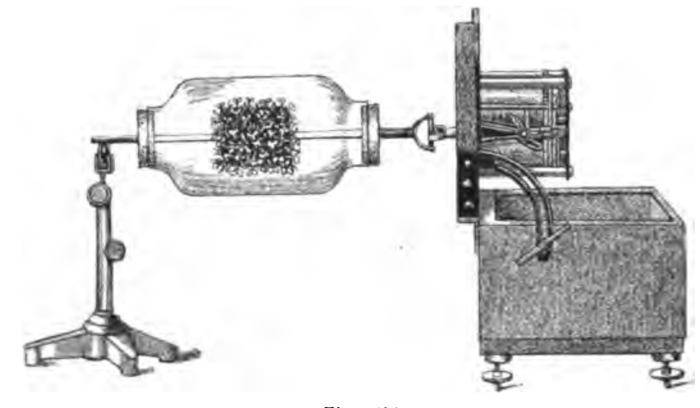
Neben der Polarität und den Correlationen haben wir als beständig fortwirkende innere Ursachen, die die Gestaltungsvorgänge des Pflanzenkörpers beeinflussen, noch eine Reihe von specifischen, inneren Eigenschaften des Pflanzenkörpers kennen zu lernen, deren Wirksamkeit man gewöhnlich unter dem Namen der **Reizerscheinungen** zusammenfasst. Es handelt sich dabei um ein Spiel innerer Kräfte, durch welches die Wachsthumsrichtung der Organe zu gewissen äusseren Umständen in eine bestimmte Beziehung gebracht wird. Wird diese Beziehung durch eine Veränderung der äusseren Umstände gestört, so erfolgen Wachsthumsbewegungen, welche zu der Wiederherstellung des ursprünglichen Verhältnisses führen, Die äusseren Umstände sind auch hier beim Zustandekommen der Wachsthumsvorgänge nur als auslösende Reize betheiligt. Derartige Reizerscheinungen zeigen sich sowohl an einzelligen als an vielzelligen Organismen, so dass also für dieselben nicht irgendwie in dem zelligen Bau der Organe eine mechanische Erklärung gefunden werden kann, vielmehr muss jede Reizerscheinung auf eine Lebensäusserung des Protoplasmas zurückgeführt werden. Bei mehrzelligen Organismen besteht die erste wahrnehmbare Veränderung, welche in Folge eines Reizes in dem Organ vor sich geht in einer Veränderung des Turgors. Die Spannungsdifferenz, welche dadurch in gegenüberliegenden Seiten des Organs hervorgerufen wird, führt zu Krümmungen des Organs, welche durch nachfolgendes Wachsthum fixirt werden. Einige der hierher gehörenden Erscheinungen sollen im Folgenden kurz besprochen werden.

Der **Geotropismus** ist die Eigenschaft der Pflanzenorgane, sich zu der Richtung der Schwerkraft in eine bestimmte Lage zu stellen. Den einfachsten Ausdruck findet der Geotropismus darin, dass bei den meisten Pflanzen die Hauptwurzel mit der Richtung der Schwerkraft senkrecht abwärts, der Hauptspross gegen die Schwerkraft senkrecht aufwärts wächst. Andere Organe, wie die Seitenwurzeln und Seitensprosse und die Blätter, stellen sich schräg oder quer zu der Richtung der Schwerkraft. Man unterscheidet nach der Wachsthumsrichtung, welche den Organen in Folge des Geotropismus zukommt, den positiven Geotropismus, welcher die Organe senkrecht abwärts richtet, den negativen Geotropismus, welcher das aufrechte Wachsthum bedingt und den Transversalgeotropismus oder Diageotropismus, durch welchen die Organe mit ihrer Längsachse quer oder schief zu der Richtung der Schwerkraft orientirt werden.

Bringt man ein wachsendes Organ aus der Lage, welche ihm in Folge seines specifischen Geotropismus eigen ist, so krümmt sich dasselbe bis der fortwachsende Theil desselben die normale Wachsthumsrichtung wieder erreicht hat. An der Keimpflanze der Bohne ist die Hauptwurzel positiv, der Spross negativ geotropisch. Befestigen wir eine solche Keimpflanze in horizontaler Lage, ohne im übrigen die Wachsthumsbedingungen

zu ändern, so krümmt sich in kurzer Zeit die Wurzel senkrecht abwärts, der Sprosstheil senkrecht nach oben.

Dass in der That die Richtung der Schwerkraft es ist, welche den Anlass für die geotropischen Wachsthumskrümmungen gibt, lässt sich durch das Experiment mit Hülfe des Klinostaten erweisen (Fig. 179). Der Klinostat besteht der Hauptsache nach aus einem Uhrwerk, durch welches eine horizontale Achse in langsame, gleichmässige Umdrehung versetzt wird. Auf der Achse wird ein feuchter Torfwürfel befestigt, welcher mit Kressesamen besäet ist. Um die Austrocknung der Samen zu verhindern, wird ein weiter Glascylinder über den Würfel geschoben und mit Korkscheiben an der Achse befestigt. Die Keimpflanzen, welche sich aus den schnell keimenden Samen entwickeln, sind der Wirkung der Schwerkraft entzogen. Da nämlich durch die Umdrehung alle Seiten der Pflänzchen ihre Lage zur Richtung der Schwerkraft continuirlich ändern und jede augenblickliche Lage nach einiger Zeit in die entgegengesetzte übergeht,



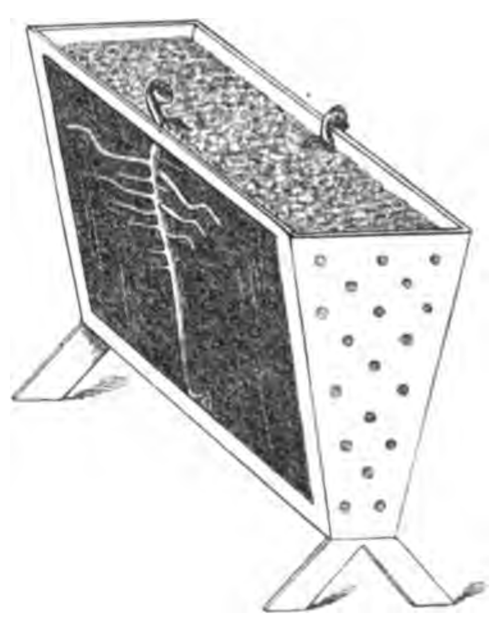
Figur 179.
Klinostat mit Kressekeimlingen. Erklärung im Text auf Seite. 198.

so heben sich die zeitweiligen Wirkungen der Schwerkraft auf den Organismus gegenseitig auf. In der That wachsen die Wurzeln und die Sprosse der Kressepflänzchen auf dem Torfwürfel, wenn man anderweitige die Richtung beeinflussende Einwirkungen vermeidet, nach jeder beliebigen Richtung, wie sie ihnen durch die zufällige Lage des Samenkorns gegeben war.

Den Transversalgeotropismus können wir am einfachsten an den Seitenwurzeln der Gefässpflanzen kennen lernen. Zur Anstellung von Versuchen dient ein Zinkkasten mit schrägen Glaswänden, wie er in Fig. 180 dargestellt ist. Wir füllen den Kasten mit lockerer Gartenerde und pflanzen dicht an der Glaswand einen Samen von Vicia Faba und stellen den Apparat, um den Einfluss des Lichtes auszuschliessen, in's Dunkle. In Folge des positiven Geotropismus, wächst die Hauptwurzel der Keimpflanze der schwach geneigten Glasfläche angeschmiegt, gerade nach abwärts. Von den entstehenden Seitenwurzeln sind einige gleichfalls an der Glaswand sichtbar. Dieselben richten sich in Folge ihres specifischen

Geotropismus seitlich, so dass sie mit der Hauptwurzel einen Winkel von etwa 70 bis 80 Grad bilden. Kehren wir nach einiger Zeit den Zinkkasten um, so dass die Hauptwurzel mit ihrer Spitze nach oben gerichtet ist, so krümmen sich zugleich mit der Hauptwurzel, welche sich senkrecht abwärts wendet, auch die Seitenwurzeln und bringen ihre fortwachsende Spitze wieder in dieselbe Richtung zum Horizont, welche sie vor der Umkehrung hatte. Bei wiederholter Umkehrung wird durch nochmalige Krümmung die ursprüngliche Wachsthumsrichtung wieder eingenommen.

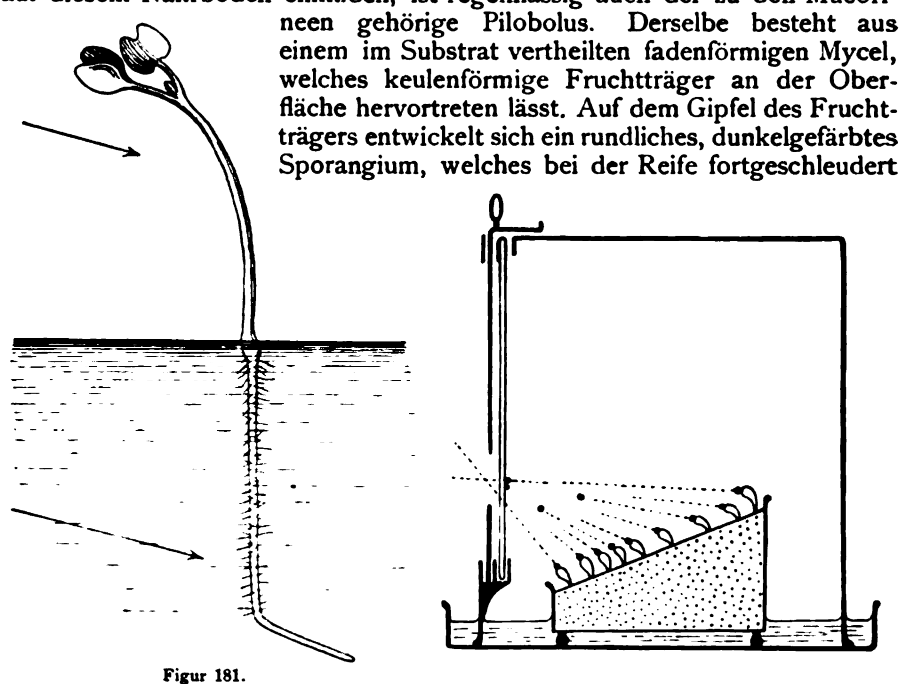
Als **Heliotropismus** bezeichnet man die Fähigkeit der Pflanzen, ihre Organe zu der Richtung des Lichtes in eine bestimmte Lage zu bringen. Wir unterscheiden auch hier einen positiven Heliotropismus, welcher bewirkt, dass die Organe zum Licht hin wachsen, den negativen Heliotropismus, durch welchen die Organe veranlasst werden sich vom Licht fort zu wenden und den Transversalheliotropismus, kraft dessen die Organe eine seitliche Lage zu der Richtung der Lichtstrahlen einnehmen. Lässt man eine Keimpflanze vom weissen Senf mit der Wurzel in Wasser wachsen und stellt dieselbe so auf, dass sie nur von einer Seite vom Tageslicht getroffen wird, so krümmt sich der wachsende Sprossgipfel dem Lichte zu, während die fortwachsende Wurzelspitze sich direkt vom Lichte fortwendet (Fig. 181). Es zeigt sich also, dass der Spross positiv, die Wurzel negativ heliotropisch ist. Auf positivem Heliotropismus beruht ebenso die an Zimmerpflanzen häufig zu beobachtende Erscheinung, dass alle Sprossgipfel dem Fenster zugekehrt sind. Die Blätter der meisten Pflanzen zeigen Transversalheliotropismus, sie richten ihre Blattfläche so, dass dieselbe von den Lichtstrahlen annähernd senkrecht getroffen werden. In Folge dessen finden wir meistens an Zimmerpflanzen alle Blattflächen schräg zum Fenster hingewendet. Drehen wir eine solche Pflanze um, so dass die Blattoberseiten vom Lichte abgewendet sind, so wird durch energische Krümmungen des Blattstiels die vorige Lage der Blattfläche zum Lichte meist schon in kurzer Zeit wieder eingenommen.



Figur 180.
Apparat nach Sachs zur Demonstration des Diageotropismus der Nebenwurzeln von Vicia Faba. Erklärung im Text auf Seite 198.

Um den Heliotropismus einzelliger Gebilde zu demonstriren, bedienen wir uns eines von Noll vorgeschlagenen Apparates, dessen Durchschnitt

in Figur 182 dargestellt ist. Auf einem viereckigen Zinkteller steht ein würfelförmiger unten offener Kasten. Die eine Seitenwand wird von einer Glasscheibe gebildet, die übrigen Theile sind aus Zinkblech gefertigt und innen geschwärzt. Vor der Glaswand ist ein Schieber aus Zinkblech angebracht, welcher in der Mitte eine kreisrunde Oeffnung von 2—3 cm Durchmesser besitzt. Wenn der Schieber geschlossen ist, so kann nur durch die runde Oeffnung Licht in das Innere des Kastens gelangen. In dem Kasten ist ein kleiner, schräger Zinkbehälter aufgestellt, der mit Pferdedünger gefüllt ist. Unter den Pilzen, welche sich nach kurzer Zeit spontan auf diesem Nährboden einfinden, ist regelmässig auch der zu den Mucorineen gehörige Pilobolus. Derselbe besteht aus einem im Substrat vertheilten fadenförmigen Mycel, welches keulenförmige Fruchtträger an der Oberfläche hervortreten lässt. Auf dem Gipfel des Fruchtträgers entwickelt sich ein rundliches, dunkelgefärbtes Sporangium, welches bei der Reife fortgeschleudert



Figur 181.

Keimpflanze vom weissen Senf, Sinapis alba, bei einseitiger Beleuchtung. Die Sprossachse zeigt positiven die Wurzel negativen Heliotropismus. Die Pfeile deuten die Richtung des einfallenden Lichtes an (nach Sachs).

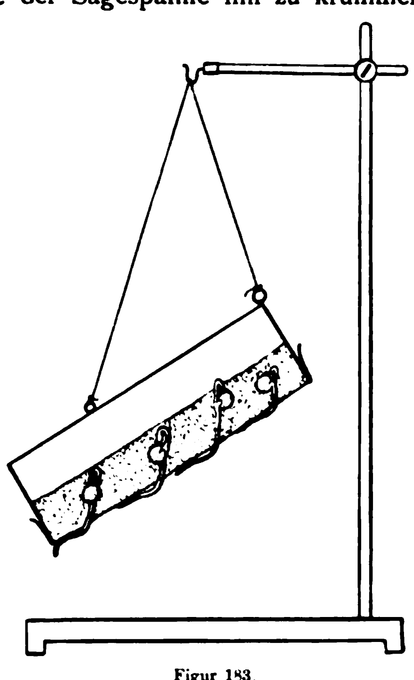
Figur 182.

Apparat zum Nachweis des positiven Heliotropismus der Fruchtträger von Pilobolus (nach Noll). Erklärung im Text auf Seite 200.

wird und mit seiner kleberigen Oberfläche an benachbarten Gegenständen hängen bleibt. Die Fruchtträger des Pilobolus sind stark heliotropisch, sie wenden sich in dem Zinkkasten alle mit der Spitze nach der Lichtöffnung in dem Schieber hin. Die Sporangien werden bei der Reife in Folge dessen alle nach der gleichen Richtung hin geschleudert und kleben massenhaft an dem vor der Lichtöffnung liegenden Theil der Glasplatte, während der verdunkelte Theil der Glasplatte ganz frei bleibt.

Geotropismus und Heliotropismus sind im Pflanzenreich weit verbreitet, weniger auffällig tritt uns die Erscheinung entgegen, welche als

Hydrotropismus bezeichnet wird. Sie besteht darin, dass Pflanzentheile, in deren Umgebung die Feuchtigkeit ungleichmässig vertheilt ist, sich von trockenen Stellen zu feuchteren hinkrümmen oder umgekehrt von den feuchteren fortwachsen. In einen weiten Ring aus Zinkblech, welcher an einer Seite mit weitmaschigem Tüll überbunden ist, füllen wir feuchtes Sägemehl ein und hängen den Apparat schief gegen den Horizont auf. Erbsen, welche in dem Sägemehl zur Keimung gebracht werden, richten in Folge des Geotropismus ihre Keimwurzeln zunächst senkrecht abwärts. Sobald aber die Wurzeln mit ihrer Spitze durch die Maschen des Tüllüberzuges nach aussen wachsen, wirkt ausser der Schwerkraft auch die ungleichmässige Vertheilung der Feuchtigkeit auf sie ein und veranlasst sie, sich nach der feuchten Oberfläche der Sägespähne hin zu krümmen und denselben angeschmiegt weiter zu wachsen, wie es in der Figur 183 dargestellt ist. Die Wurzeln haben also positiven Hydrotropismus und werden dadurch in Stand gesetzt, günstigere Wachsthumsbedingungen aufzusuchen. Negativer Hydrotropismus ist von Sachs an den Fruchtträgern von Phycomyces nachgewiesen worden. Dieser einzellige Schimmelpilz, welcher leicht zu cultiviren ist, entwickelt aus einem fadenförmigen Mycel schlanke, mehrere Centimeter hohe Fruchtträger, welche am oberen Ende ein kugelförmiges Sporangium tragen. Sporen des Pilzes werden auf einen feuchten Brotwürfel ausgesäet. Um den sich schnell entwickelnden Pilz dem Einfluss des Lichtes und der Schwerkraft zu entziehen, wird der Brotwürfel im Finstern gehalten und vermittelst des Klinostaten um eine horizontale Achse gedreht. Der negative Hydrotropismus bewirkt dann, dass alle Fruchtträger des Pilzes direkt von der feuchten Oberfläche des Brotwürfels fortstrebend senkrecht aus den Flächen hervorwachsen. Fruchtträger, welche zufällig auf einer Kante des Würfels hervortreten, stellen sich so, dass sie mit den benachbarten Oberflächen annähernd gleiche Winkel bilden.



Figur 183.
Apparat zum Nachweis des Hydrotropismus der Wurzeln von Pisum. Erklärung im Text auf Seite 201.

Die Reihe der Reizerscheinungen, welche für die Formgestaltung der wachsenden Pflanze von Einfluss sind, ist mit den bisher geschilderten nicht erschöpft. Man hat neben dem Einfluss der Schwerkraft des Lichtes und der Feuchtigkeit noch eine Beeinflussung der Wachsthumsrichtung durch ungleiche Erwärmung und durch ungleichmässige Vertheilung von Nährstoffen oder sonstigen chemischen Substanzen in der Umgebung

wachsender Organe nachgewiesen. Diese Erscheinungen, die man als Thermotropismus beziehungsweise als Chemotropismus bezeichnet, besitzen indes gegenüber den vorhin besprochenen Reizerscheinungen untergeordnete Bedeutung für die Formgestaltung des Pflanzenkörpers; wir müssen uns hier mit dem blossen Hinweis auf ihr Vorhandensein begnügen.

6. Das Bewegungsvermögen.

Bisweilen wird als Unterschied zwischen Thierreich und Pflanzenreich angegeben, dass die Thiere Bewegungsvermögen besitzen, während die Pflanzen sich nicht aus eigener Kraft bewegen können. Wir haben im vorigen Abschnitt eine Reihe von Bewegungsvorgängen kennen gelernt, welche sich in Folge des Wachsthums am Pflanzenkörper vollziehen können, die geotropischen, heliotropischen, hydrotropischen Krümmungen, das Einrollen der Ranken und anderes mehr; und eigentlich ist ja mit jedem Wachsthum, insofern dasselbe ein Vorrücken der Spitze oder des Umfanges des wachsenden Organes bewirkt, eine Bewegung verbunden. In der Thierphysiologie pflegt man freilich die durch reine Wachsthumsvorgänge veranlassten Streckungen, Krümmungen und Umlagerungen der Körpertheile nicht als Ausdruck des Bewegungsvermögens zu bezeichnen, sondern man versteht darunter nur vorübergehende Veränderungen der Organe, welche sich, unabhängig vom Wachsthum, aus innerer Kraft des Organismus abspielen. Derartige Bewegungserscheinungen fehlen, wie im Folgenden gezeigt werden soll, auch im Pflanzenreiche nicht.

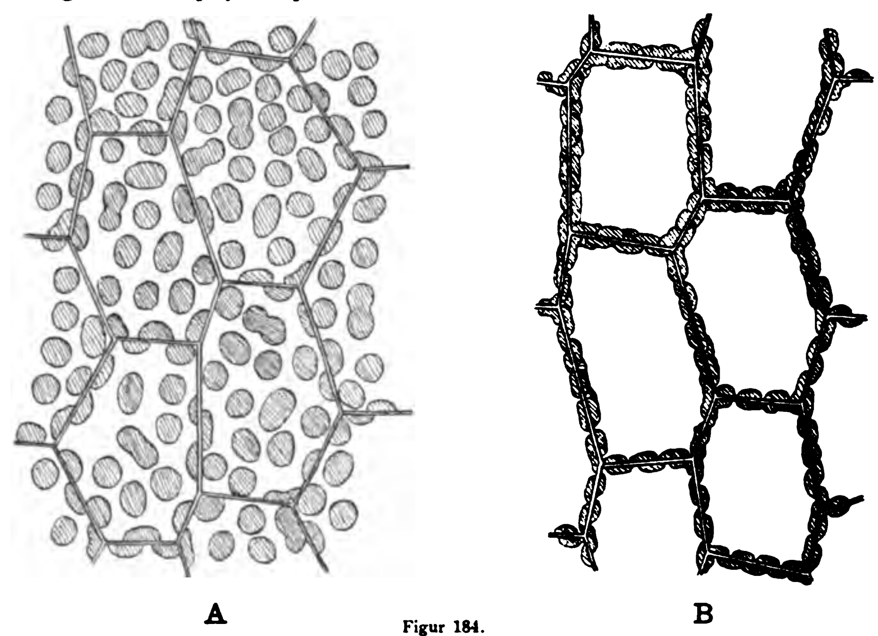
Freie Ortsbewegung. — Die meisten Pflanzen sind an den Standort, welchen sie bei der Keimung erlangt haben, dauernd gebunden, nur bei einigen niederen Pflanzen, welche im Wasser oder in anderen flüssigen Substraten leben, treffen wir Ortsbewegung an, welche sich von der Beweglichkeit gewisser niederer Thiere nicht unterscheiden lässt. Als Bewegungsorgane finden wir bei manchen Bakterien und niederen Algen, bei den Schwärmsporen vieler Algen und einzelner Pilze, sowie bei den beweglichen Sexualzellen der meisten Kryptogamen Geisselfäden oder Cilien vor, welche in Ein- oder Mehrzahl an der Zelle vorhanden sind und durch die Lebensäusserung des Protoplasmas in schwingende Bewegung versetzt werden. Bei einigen beweglichen Organismen sind besondere Bewegungsorgane nicht bekannt; dahin gehören die Kieselalgen oder Diatomeen, welche im Wasser an der Oberfläche fester Gegenstände in der Richtung der Längsachse ihres Körpers hinzugleiten vermögen oder sich frei im Wasser schwimmend fortbewegen. Auch den Desmidieen und manchen blaugrünen Fadenalgen kommt freie Ortsbewegung zu, über deren Mechanik die Wissenschaft vorderhand keinen genügenden Aufschluss zu geben vermag. Von den Pflanzen, welche feste Substrate bewohnen, zeigen nur die Schleimpilze oder Myxomyceten freie Ortsbewegung. Der als Plasmodium bezeichnete Vegetationskörper dieser Pflanzen besteht aus einer nackten Protoplasma, welche in faulendem Holz, zwischen modernden Laubblättern, in Gerberlohe oder in ähnlichen lockeren Substraten lebt. Die Theile des Protoplasmas verschieben sich fortgesetzt gegen einander, es werden pseudopodienartige

Fortsätze ausgestreckt und eingezogen, die Pseudopodien vereinigen sich netzartig oder fliessen zu grösseren Plasmaansammlungen ineinander, und indem die Körpermasse durch die Pseudopodienstränge von einem Ort zum anderen strömt, bewegt sich der ganze Organismus gleichsam kriechend in oder auf dem Substrat fort.

Die Richtung, in welcher die freie Ortsbewegung pflanzlicher Organismen sich vollzieht, ist häufig von äusseren Einflüssen abhängig. Die Richtung des einfallenden Lichtes, die Wärmevertheilung, die Concentrationsverhältnisse der Nährstoffe oder anderer chemischen Substanzen, die Sauerstoffzufuhr und anderes mehr können einen Reiz auf das Protoplasma ausüben, durch welchen die Bewegungsrichtung und Schnelligkeit bestimmt wird. Man bezeichnet, wie bei den Wachsthumsbewegungen die Reizerscheinungen beziehungsweise als Heliotropismus, Thermotropismus und Chemotropismus. Für die in festen Substraten lebenden Plasmodien der Myxomyceten kommt noch der durch die ungleiche Vertheilung der Feuchtigkeit bedingte Hydrotropismus hinzu und der Rheotropismus, welcher in der merkwürdigen Thatsache zum Ausdruck kommt, dass die Plasmodien auf einem Substrat, dessen capillare Hohlräume von einem continuirlichen Wasserstrom durchzogen werden, stets gegen die Richtung des strömenden Wassers sich fortbewegen.

Die Bewegung des Zellenplasmas. — In dem lebenden Protoplasma der Zellenpflanzen finden fortgesetzt chemische und physikalische Prozesse statt, welche molekulare Umlagerungen und Bewegungserscheinungen zur Folge haben müssen. In den meisten Zellen entziehen sich diese molekularen Bewegungen für gewöhnlich der Beobachtung, in anderen dagegen resultirt aus ihnen eine sichtbare continuirliche Verschiebung der Plasmatheilchen gegen einander und gegen die Zellwand, welche als Protoplasmaströmung bezeichnet wird. Man unterscheidet die Circulation und Rotation als häufigste Bewegungsformen des Protoplasmas. Wir haben die morphologische Seite dieser Erscheinung in einem früheren Abschnitte des Buches (Seite 85) kennen gelernt. Für die Mechanik des Vorganges ist eine für alle Fälle ausreichende Erklärung bisher nicht gegeben worden. Die Protoplasmaströmung findet sich nur in solchen Zellen, deren Protoplasma eine oder mehrere Zellsaftvakuolen umschliesst. Der Umstand, dass die der Zellwand anliegende Hautschicht des Protoplasmas nicht an der Bewegung theilnimmt, lässt schliessen, dass die bewegenden Kräfte nicht von aussen her einwirken, sondern im Innern der Zelle selber ihren Sitz haben. Die Flüssigkeit der Vakuolen wird durch das strömende Protoplasma mit in die Bewegung hineingezogen und strömt, wenn auch verlangsamt, in derselben Richtung wie das letztere. Daraus ergiebt sich, dass auch der Stoffaustausch zwischen Vakuolen und Protoplasma nicht als Bewegungsursache angesehen werden darf, dass vielmehr die bewegenden Kräfte im Innern des Körnchenplasmas zur Wirkung kommen. Auch in Zellen, deren Plasma normaler Weise keine Strömung zeigt, kann bisweilen durch äussere Eingriffe, durch mechanische Verletzung der benachbarten Zellen, durch Veränderung des Wassergehaltes u. a. m. lebhafte Bewegung hervorgerufen werden. Uebrigens sind auch in dem nicht strömenden Plasma zeitweilig

Bewegungen wahrnehmbar, welche in der Verschiebung der einzelnen Bestandtheile gegen einander bestehen; so finden z. B. bei der Kerntheilung, welche auf Seite 86 eingehender geschildert worden ist, eine Reihe von Umlagerungen statt, auch der Theilungsvorgang der Chlorophyllkörper bedingt ein Verrücken der Theile des Protoplasmas. Auf langsamer Bewegung des Protoplasmas beruht ferner die Lagenveränderung, welche die Chlorophyllkörper bei wechselnder Beleuchtung erfahren. Ein günstiges Objekt für die Beobachtung dieser Erscheinung bieten die grünen Zellen im Blatt des Laubmooses, Funaria hygrometrica. Unter günstigen Vegetationsbedingungen im diffusen Tageslichte sind die scheibenförmigen Chlorophyllkörper dieser Zellen an den zur Fläche des Blattes



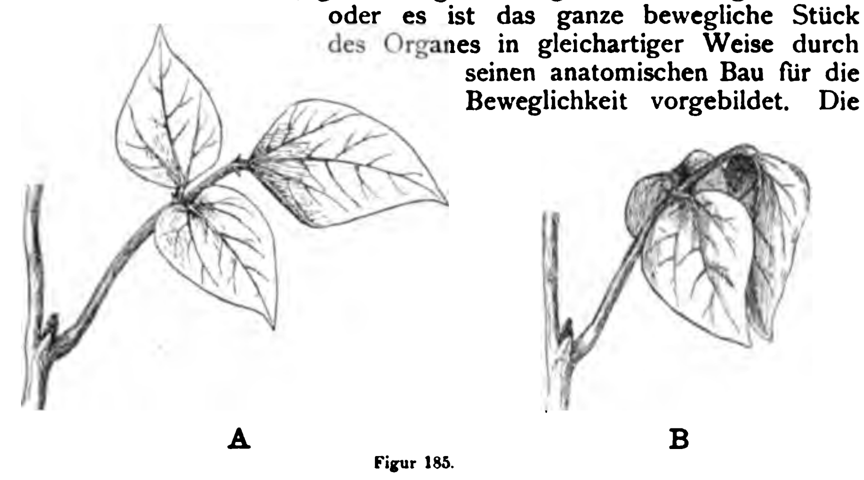
Figur 184.

Einige Zellen aus dem Blatt von Funaria hygrometrica. A zeigt die Chlorophyllkörper in der Tagesstellung. B zeigt die Stellung, welche die Chlorophyllkörper im Dunkeln und bei intensiver Beleuchtung annehmen.

parallelen Aussenwänden der Zellen angelagert, sie bieten also dem einfallenden Lichte die breite Fläche dar. Wenn aber das Laub von direktem Sonnenlicht getroffen wird, so nehmen die Chlorophyllscheiben die Profilstellung ein, d. h. sie werden durch die Bewegung des Protoplasmas von ihrem Platze fortgeführt und lagern sich an den Seitenwänden der Zellen, so dass sie mit dem schmalen Rande zur Lichtquelle hingekehrt sind. Bei Verdunkelung nehmen die Chlorophyllkörper gleichfalls nach einiger Zeit die Profilstellung an. Es ist leicht ersichtlich, dass die Pflanze in der Reizbarkeit ein Mittel hat, sich den verschiedenen Graden der Lichtintensität anzupassen. Eine ähnliche biologische Bedeutung hat die bei vielen Pflanzen beobachtete Formänderung der Chlorophyllkörper.

In den Pallisadenzellen des Assimilationsgewebes mancher Laubblätter stehen die Chlorophyllkörper immer in der Profilstellung. In diffusem Licht zieht sich aber jeder Chlorophyllkörper unter Verminderung seines Scheibendurchmessers mehr oder weniger halbkugelig zusammen, so dass seine Profilansicht an Fläche gewinnt, im direkten Sonnenlicht dagegen flacht er sich zu einer scharfrandigen Scheibe ab.

Beugung und Streckung. — Die Krümmungsbewegungen, welche von Pflanzenorganen ausgeführt werden, sind in der Mehrzahl der Fälle durch ungleichseitiges Wachsthum verursacht, wir haben in der Nutation, in der Krümmung der Ranken und in den geotropischen, heliotropischen, hydrotropischen Krümmungen derartige Erscheinungen früher kennen gelernt. Bei einer kleinen Anzahl von Gewächsen können indes die Organe, auch, ohne dass Wachsthum erfolgt, Bewegungen ausführen. Wir finden dann meist scharf markirte, gelenkartige Bildungen an den Organen vor, oder es ist das ganze bewegliche Stück des Organes in gleichartiger Weise durch seinen anatomischen Bau für die Beweglichkeit vorgebildet. Die



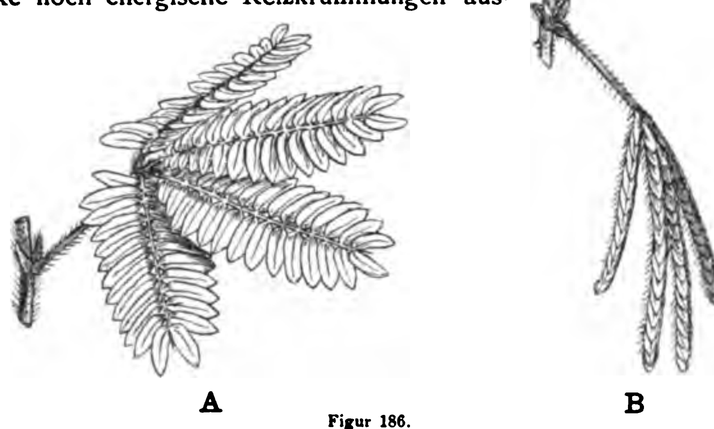
A B

Figur 185.

Blatt von Phaseolus. A In Tagstellung, B in Schlafstellung.

Bewegung geht überall von dem Protoplasma der Zellen aus und beruht im Wesentlichen auf einer plötzlichen oder mehr allmählichen Turgoränderung und dadurch bedingten Verkürzung oder Verlängerung der gegenüberliegenden Seiten des sich krümmenden oder streckenden Organes. Da, wie früher erwähnt wurde, auch bei den Wachsthumskrümmungen der Eintritt der Krümmung von einer Turgorschwankung begleitet ist, so ist ein prinzipieller Unterschied zwischen den beiden Erscheinungen nicht vorhanden; während aber bei den Wachsthumskrümmungen die in Folge der Turgoränderung entstehende Krümmung durch Wachsthum fixirt wird, kehren bei den Gelenkbewegungen die Organe allmählich wieder in ihren ursprünglichen Zustand zurück. Wir können spontane Bewegungen und Reizbewegungen unterscheiden. Die Ersteren erfolgen unabhängig von äusseren Einflüssen aus inneren Gründen, die Letzteren werden durch einen Reiz von aussen her ausgelöst und beeinflusst. Unter den Wachsthumsbewegungen zählt die Nutation der

Sprosse zn den spontanen Bewegungen, während die Krümmung der Ranken, die geotropischen, heliotropischen, hydrotropischen Krümmungen, Reizbewegungen darstellen. Unter den Gelenkbewegungen finden wir ein auffälliges Beispiel für spontane Bewegung an den Blättchen eines zu den Papilionaceen gehörigen Halbstrauches Südasiens, Desmodium gyrans. Das Blatt der Pflanze besitzt ein einziges Paar kleiner seitlicher Fiederblättchen und ein bedeutend grösseres lanzettliches Endblättchen. Alle drei Blättchen, besonders aber die seitlichen, bewegen sich, wenn sich die Pflanze unter günstigen Lebensbedingungen befindet, ruckweise auf und ab, so dass ihre Spitze in wenigen Minuten eine mehr oder minder gestreckte Ellipse beschreibt. Aehnliche spontane Bewegungen der mit Gelenken versehenen Blättchen finden wir, wenn auch weniger auffällig, bei den Oxalis- und Trifoliumarten, bei Phaseolus, bei einigen Akazien, Mimosa und verwandten Pflanzen. Alle diese Gewächse können aber ausser den autonomen Bewegungen vermittels der Gelenke noch energische Reizkrümmungen aus-



Figur 186.

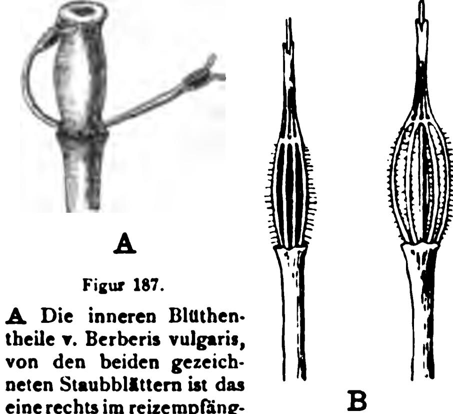
Blatt von Mimosa pudica. A Im ungereizten Zustande, B in der Reizstellung.

führen. Sie sind empfindlich gegen Beleuchtungswechsel, und während im Tageslicht die Blätter annähernd horizontal ausgebreitet und der Beleuchtung dargeboten sind, nehmen dieselben bei Eintritt der Dunkelheit die Schlafstellung ein, d. h. die Blattflächen werden durch die Bewegung der Gelenke annähernd vertikal gestellt (Fig. 185).

Die biologische Bedeutung der Schlafstellung der Laubblätter ist darin zu suchen, dass die vertikal gerichteten und meist einander genäherten oder einander deckenden Blattflächen weniger Wärme durch Strahlung verlieren, als die frei ausgebreiteten. Man hat gefunden, dass derartige Blätter, wenn sie gewaltsam in der Tagesstellung festgehalten werden, in kühlen Nächten leichter beschädigt werden, als die in Schlafstellung befindlichen.

Manche der mit Gelenken versehenen Blätter zeigen ausserdem eine Empfindlichkeit gegen mechanische Erschütterungen. Besonders auffällig äussert sich diese Reizbarkeit bei Mimosa pudica. Die doppelt gefiederten

Blätter dieser Pflanze besitzen sowohl an der Basis des Hauptblattstieles, als auch an den Stielen der einzelnen Fiedern und der an diesen stehenden lanzettlichen Fiederblättchen Gelenkpolster, durch deren Beweglichkeit das ganze Blatt schon bei schwacher Erschütterung ziemlich plötzlich in die Reizstellung gebracht wird (Fig. 186). Es legen sich dabei in schneller Aufeinanderfolge die Fiederblättchen der einzelnen Fiedern nach oben hin paarweise mit ihren Oberflächen an einander, die Fiedern nähern sich und das ganze Blatt senkt sich nach abwärts. Ausser mechanischen Erschütterungen vermögen auch starke Erhitzung oder Abkühlung einer Blattstelle die Reizbewegung des Mimosablattes hervorzurufen. Nach einiger Zeit kehrt das Blatt in seine ursprüngliche Stellung zurück und ist auf's Neue für Reize empfänglich. Da die Reizbewegungen des Mimosablattes in ihrem ganzen Umfange eintreten, wenn auch nur eine kleine Stelle des Blattes, etwa ein einziges Fiederblättchen, energisch gereizt wurde, so muss nothwendig eine Fortleitung des Reizes durch das Gewebe des Blattstiels und seiner Verzweigungen stattfinden. Häufig wird sogar der Reiz durch das Stengelgewebe auf die benachbarten Blätter übertragen, an denen sich dann die Reizbewegungen als von der Stielbasis ausgehend in umgekehrter Reihenfolge abspielen. Die biologische Bedeutung der hohen Empfindlichkeit des Mimosablattes beruht darin, dass die Pflanze in der Reizstellung gegen die Kraft aufschlagender Regentropfen geschützt ist.



Figur 187.
A Die inneren Blüthentheile v. Berberis vulgaris, von den beiden gezeichneten Staubblättern ist das eine rechts im reizempfänglichen Zustande, das andere befindet sich in der Reizstellung. B Die inneren Blüthentheile von Centaurea jacea (nach Pfeffer). Die rechte Figur zeigt die Staubblätter im ungereizten Zustand, die linke in der Reizstellung.

An die plötzlichen Bewegungen des Mimosablattes schliessen sich in ihrer äusseren Erscheinung die Bewegungen der Insektivoren Dionaea und Aldrovandia an, bei denen sich die beiden Hälften des ungetheilten Blattes in Folge mechanischer Erschütterung ruckweise nach obenhin aneinander legen. Es ist indess hier nicht eine besondere Partie des Blattes als Gelenk ausgebildet, sondern das Gewebe des Blattes ist in grösserem Umfange an dem Zustandekommen der Bewegung betheiligt. Dasselbe ist bei den auf chemische Reize reagirenden gestielten Drüsen der Droseraarten der Fall, deren Krümmung in einem viel langsameren Tempo erfolgt, als die Fangbewegungen der Drosera und Aldrovanda.

Endlich sind hier noch die bei einigen Pflanzen beobachteten Bewegungen gewisser Blüthentheile zu erwähnen, welche bei dem Zustandekommen der Befruchtung eine Rolle spielen. Die Staubfäden der Blüthe von Berberis vulgaris liegen im Zustand der Pollenreife den Kronblättern an, so dass die Antheren so weit als möglich von dem im Centrum der Blüthe stehenden Griffel entfernt sind. Berührt man den fadenförmigen

Theil eines Staubblattes, so krümmt sich dasselbe sofort im Ruck nach innen herüber, so dass seine Anthere den Griffel berührt (Fig. 187 **A**). Wenn nach einiger Zeit die Bewegung langsam rückgängig gemacht worden ist, vermag ein neuer Reiz erneute Krümmung hervorzurufen. In der Blüthe der zu den Compositen gehörigen Cynareen sind fünf Staubblätter vorhanden, deren Antheren zu einer den Griffel umfassenden Röhre vereinigt sind. Die Filamente sind im ungereizten Zustande bogenförmig nach aussen gekrümmt. Findet Berührung statt, so verkürzen sich die Staubblätter sehr stark, wobei die Filamente sich dem Griffel nähern und die Antherenröhre nach abwärts ziehen (Fig. 187 **B**).

Auch am Gynäceum sind bisweilen Reizbewegungen zu beobachten, so klappen z. B. die Narbenlappen in der Blüthe von Mimulus bei leichter Berührung schnell zusammen und legen sich dicht aneinander an, so dass Insekten, welche die Blüthe besuchen, wohl den aus einer fremden Blüthe mitgebrachten Pollen an der inneren Narbenfläche abstreifen können, mit derselben aber nicht mehr in Berührung kommen, wenn sie auf's Neue mit Pollen beladen aus dem Schlunde der Blüthe zurückkehren.

Zweites Kapitel. **Die Fortpflanzung.**

Die Pflanzen besitzen eine sehr verschiedene Lebensdauer; bei den Blüthenpflanzen unterscheidet man monokarpische oder hapaxanthische Arten, welche ihre vegetative Entwickelung mit der Blüthenbildung abschliessen und nach der Ausbildung der Früchte zu Grunde gehen und polykarpische Arten, welche wiederholt blühen und Früchte tragen. Hapaxanthisch sind die Kräuter. Wenn dieselben ihren Entwickelungsgang innerhalb einer Vegetationsperiode durchlaufen, so bezeichnet man sie als einjährige oder annuelle Kräuter. Die zweijährigen oder biennen Kräuter entwickeln im ersten Jahre nur vegetative Organe, während Blüthen und Früchte erst im Laufe des zweiten Jahres erscheinen. Nur wenige monokarpische Gewächse gebrauchen zu ihrer vollen Entwickelung bis zur Blüthen- und Fruchtbildung mehr als zwei Jahre, ein Beispiel bietet die Agave americana, welche in ihrer Heimath oft 30 Jahre alt wird bevor sie blüht. Die in unseren Gärten kultivirten Exemplare gebrauchen noch viel längere Zeit, bevor sie zur Blüthe kommen.

Zu den polykarpischen Gewächsen, die man mit Bezug auf ihre Lebensdauer gegenüber den Annuellen und Biennen auch wohl als Perennen bezeichnet, gehören Stauden, Sträucher und Bäume. Die Stauden entwickeln aus einem meist unterirdisch wachsenden Rhizom blütentragende Sprosse, welche nach der Fruchtreife absterben. Das Rhizom aber lebt fort und entwickelt in jeder neuen Vegetationsperiode neue Blüthensprosse. Die Sträucher und Bäume erfahren alljährlich einen Zuwachs ihres Verzweigungssystemes, dessen jüngste Theile Blätter und Blüthen tragen, während die älteren Theile durch einen Dickenzuwachs an Umfang und Festigkeit zunehmen.

Während bei den monokarpischen Pflanzen die Entwickelung des Samens die normale Veranlassung für das Absterben bildet, scheint bei den Bäumen, Sträuchern und Stauden in der Organisation des Körpers überhaupt keine natürliche Todesursache gegeben zu sein, so dass diesen Gewächsen eine unbegrenzte Lebensdauer zukommt, wenn nicht äussere Einflüsse eine Zerstörung des Lebens bewirken. In der That sind eine Reihe von Beispielen dafür bekannt, dass Bäume ein mehrtausendjähriges Alter erreichten. Bekannt ist der alte Lindenbaum bei Neustadt am Kocher, der schon im dreizehnten Jahrhundert als der grosse Baum an der Heerstrasse erwähnt wird. Als Beispiel höchsten Alters wird gewöhnlich der Affenbrodbaum, Adansonia digitata, in Senegambien angeführt, von dem einige noch lebenskräftige Exemplare bis zu 30 Meter im Stammumfang messen. Ihr Alter berechnet sich darnach auf 5000 bis 6000 Jahre. Derartige Beispiele stehen indess vereinzelt da; im Allgemeinen wird auch dem Lebensalter der polykarpischen Gewächse durch die Thätigkeit des Menschen und der Thiere, durch Pilze oder durch elementare Gewalten wie Blitzschlag, Sturm, Erdbeben, früher oder später eine Grenze gesteckt.

Unter den niederen Pflanzen giebt es gleichfalls neben langlebigen Formen solche, deren Entwickelungsgang von der Entstehung des Individuums bis zu seinem Tode sich in kurzen Zeiträumen abspielt. Manche Meeresalgen, wie Laminaria und Macrocystis, manche Flechten und Pilze, wie die Bartflechte unserer Gebirgswälder und die baumbewohnenden Polyporen, werden viele Jahre alt, andere Algen und Pilze überdauern den Ablauf eines Jahres nicht oder die Lebensdauer der Individuen ist gar nur nach Wochen oder Tagen bemessen.

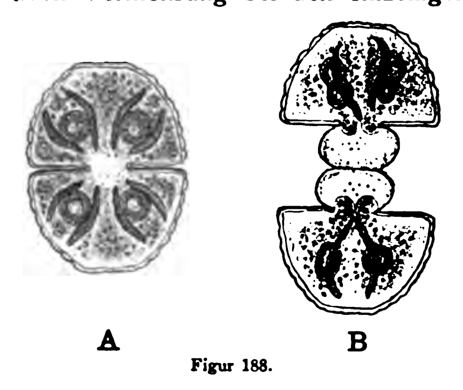
Der Ersatz für die absterbenden Individuen wird durch die Fortpflanzungserscheinungen vermittelt. Wenn wir alle die Vorgänge überblicken, welche zur Bildung neuer Individuen führen, so können wir zwei Gruppen von Erscheinungen unterscheiden, welche unabhängig von einander und neben einander hergehend, oft bei demselben Pflanzenindividuum gefunden werden oder auch im Laufe der Generationen bei derselben Art regelmässig mit einander abwechseln: Die Erzeugung neuer Individuen auf ungeschlechtlichem Wege und die geschlechtliche Fortpflanzung. Die charakteristische Eigenthümlichkeit der geschlechtlichen Fortpflanzung besteht darin, dass die Erzeugung der neuen Individuen durch eine Zellverschmelzung eingeleitet wird; zwei aus dem Vegetationskörper der Elternpflanzen hervorgehende Zellen, welche meist durch besondere Ausbildung von den vegetativen Zellen verschieden sind, vereinigen sich zu einem einheitlichen Zellgebilde, welches durch Wachsthumsvorgänge zur Entstehung eines einzigen oder einer grösseren Anzahl von neuen Individuen führt. Bei der Entstehung neuer Individuen auf ungeschlechtlichem Wege stellt irgend eine Zelle oder eine Gruppe von Zellen, welche rein zufällig oder durch Wachsthumsvorgänge aus dem Verbande des Mutterindividuums gelöst wurde, ohne Weiteres den Anfang eines neuen Individuums dar. Die Zellen oder Zellgruppen, von denen in solchen Fällen die Neubildung von Individuen ausgeht, sind häufig durch besondere Ausbildung von den vegetativen Zellen der Mutterpflanze

unterschieden und durch ihre Organisation dem Zwecke besonders angepasst. Man bezeichnet den Vorgang der Neubildung dann als ungeschlechtliche Fortpflanzung zum Unterschiede von der vegetativen Vermehrung, bei welcher irgendwelche Theile des Pflanzenkörpers, die von den gleichnamigen vegetativen Organen nicht unterschieden sind, die Neubildung von Individuen bewirken. Vegetative Vermehrung und ungeschlechtliche Fortpflanzung sind keine principiell verschiedene Vorgänge, sie sind durch zahlreiche, sanft abgestufte Uebergänge mit einander verbunden.

Im Folgenden sollen nach einander die Vorgänge der vegetativen Vermehrung der ungeschlechtlichen und der geschlechtlichen Fortpflanzung an der Hand einiger typischen Beispiele besprochen werden.

1. Die vegetative Vermehrung.

Die Zweitheilung. — Am einfachsten ist der Vorgang der vegetativen Vermehrung bei den einzelligen Spaltpilzen und Spaltalgen. Dort theilt sich das erwachsene Zellindividuum, welches meist die Form einer Kugel oder eines geraden oder gekrümmten Stäbchens hat, durch eine Querwand in zwei Zellen von annähernd gleicher Gestalt und Grösse; jede dieser Zellen stellt ein selbstständiges Individuum dar, welches durch Wachsthum vergrössert und im ausgewachsenen Zustande durch erneute Theilung in gleicher Weise zu weiterer Vermehrung führen kann. Auch bei gewissen Grünalgen ist ein ähnlicher Vorgang vorhanden. Die einzelligen Conjugaten, zu denen das in Figur 188 **A** abgebildete Cosmarium gehört, haben einen sehr regelmässig geformten Körper. Die Zellwand ist aus zwei symmetrischen Hälften zusammengesetzt, welche, wie in der Figur, oft nur durch eine schmale Verbindungsstelle, den Isthmus, mit einander in Zusammenhang stehen; der lebende Zellinhalt, das Protoplasma, in welchem ein Zellkern und Chlorophyllkörper vorhanden sind, reicht durch den Isthmus hindurch von einer Zellhälfte zur anderen. Die vegetative Vermehrung geht nun in der Weise vor sich, dass zunächst der Zellkern, welcher gewöhnlich an der Verbindungsstelle der Zellhälften seinen Platz hat, sich theilt. Zwischen den beiden Tochterkernen tritt dann im Isthmus eine Querwand auf und jede der dadurch entstandenen Theilzellen stellt ein neues Individuum dar. Indem an der Berührungsstelle ein starkes Wachsthum in den beiden Tochterzellen vor sich geht, ergänzt sich jede derselben allmählich zu der symmetrischen Gestalt, welche die Mutterpflanze besass (Fig. 188 **B**).



Figur 188.

A Cosmarium Botrytis, eine einzellige Grünalge, **B** dieselbe in Zweitheilung begriffen.

Die Fragmentation. — Für die Spaltalgen, deren Vegetationskörper einen Zellfaden darstellt, wie die Oscillarien und Nostocaceen, bedeutet die Theilung der einzelnen Zellen nur ein Wachsthum des Fadens. Die Vermehrung der Fäden kommt dadurch zu Stande, dass dieselben in kurze Theilstücke zerfallen, welche als Hormogonien bezeichnet werden. Diese Gebilde bewegen sich anfangs meist lebhaft, wodurch sie zu neuen Standorten geführt werden, und wachsen allmählich zu neuen Fäden aus. Für die Auflösung des Vegetationskörpers in Theilstücke, welche sich zu selbständigen Individuen entwickeln, haben wir auch bei den Moosen Beispiele. Manche Lebermoose mit thallosem Spross verzweigen sich sehr reichlich dichotomisch. Indem nun der Vegetationskörper von hintenher allmählich abstirbt, werden die einzelnen Thallusäste isolirt und wachsen als selbständige Pflanzen weiter. Ein ähnlicher Vorgang findet sich bei den mit beblätterten Sprossen versehenen Torfmoosen, welche den Moorboden oft auf weite Strecken in dichtgedrängten Rasen überdecken. Die Stämmchen wachsen hier aufrecht und bilden Seitensprosse, die sich gleichfalls nach oben wenden. Von unten her stirbt der Hauptspross allmählich ab. Indem dadurch die Seitensprosse frei werden und sich wie neue Hauptsprosse verhalten, geht aus einem einzigen Stämmchen der Pflanze mit der Zeit ein ganzes Moospolster hervor.

Bei vielen Gefässpflanzen ist gleichfalls die Regeneration eines Seitensprosses zur selbständigen Pflanze möglich. Es beruht darauf die von den Gärtnern sehr oft benutzte Methode der Vermehrung von Gewächsen durch Stecklinge. Ein Zweigstück einer Pflanze wird in Wasser oder feuchten Sand gesteckt, es bewurzelt sich nach einiger Zeit und wächst selbständig weiter. In der freien Natur findet eine Vermehrung in ähnlicher Weise bei den mit Ausläufern versehenen Pflanzen statt. An den Ausläufern der Erdbeerpflanzen z. B. entwickeln sich die durch lange Internodien von der Mutterpflanze und von einander getrennten Seitensprosse ganz wie selbständige Pflanzen; ihre Sprossspitze richtet sich nach oben an ihrer Basis werden Adventivwurzeln ausgebildet, und indem nach einiger Zeit die Internodien des Ausläufers absterben, wird die junge Pflanze aus dem Verbande mit der Mutterpflanze gelöst. Die Bildung von Ausläufern stellt schon einen Uebergang zu der ungeschlechtlichen Fortpflanzung dar, insofern als sich die Ausläufer meistens im äusseren Habitus wie in der inneren Ausbildung von den gewöhnlichen rein vegetativen Sprossen unterscheiden. Oft geht die Differenzirung der Ausläufer noch weiter, als in dem gewählten Beispiel. Bei der Kartoffel und beim Topinambur schwellen die Spitzen derselben zu reservestoffreichen Knollen an, die erst nach einer Ruheperiode austreiben und neue Pflanzen erzeugen.

2. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung.

Sporen und Conidien. — Die bei den niederen Gewächsen am häufigsten sich findende Form der ungeschlechtlichen Fortpflanzung ist die Sporenbildung, welche darin besteht, dass im Innern einzelner Zellen

des Vegetationskörpers neue Zellen oder Zellgruppen entstehen, welche durch Zersprengung der Wand der Mutterzelle frei werden und direkt oder auf Umwegen zur Bildung neuer Pflanzen führen. Die Zelle, in denen die Sporen ausgebildet werden, heisst Sporangium.

Nach der Beschaffenheit der Sporen können wir unterscheiden zwischen Schwärmsporen, welche eigene Bewegungsorgane besitzen, und unbeweglichen Sporen. Bei vielen Algen und auch bei einigen Pilzen werden Schwärmsporen gebildet. Sie sind nackte Zellen, meist von birn- oder kugelförmiger Gestalt, ihre Bewegungsorgane sind Cilien, welche einzeln oder zu zweien an dem einen Ende des Körpers entspringen oder in grösserer Anzahl die Oberfläche des Körpers bedecken. Bei den Algen enthalten die Schwärmsporen Chlorophyll und besitzen meistens an einer Seite einen kleinen rothen Fleck, der als Augpunkt bezeichnet wird. Das eine Ende der Schwärmspore ist gewöhnlich hyalin, d. h. frei von Farbstoffen. Mit diesem Ende setzen sich die Schwärmsporen, nachdem sie sich einige Zeit im Wasser fortbewegt haben, an einer Unterlage fest und wachsen zu einer neuen Pflanze aus.



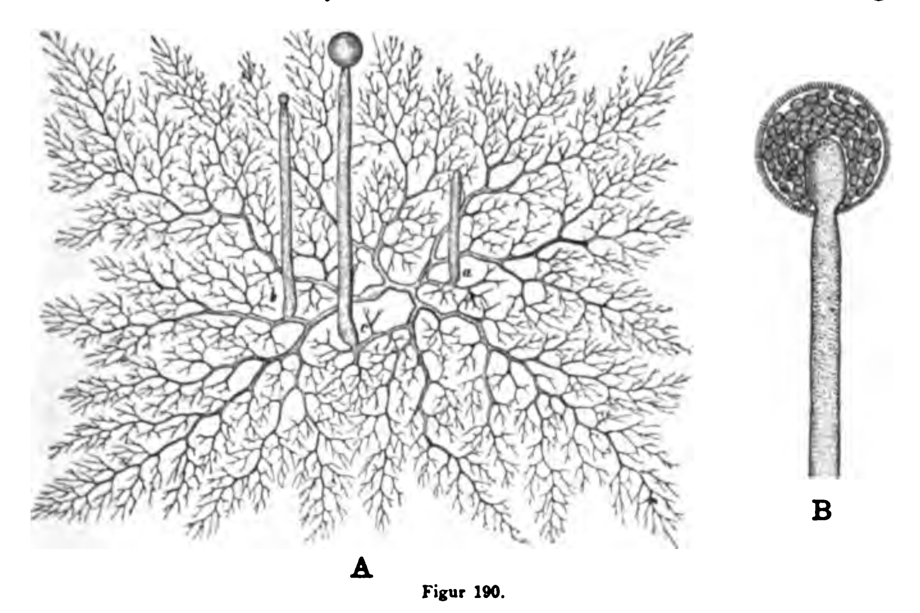
Figur 189.

Schwärmsporenbildende Pflanze von Botrydium granulatum. Die Schwärmsporen treten am Gipfel aus ($^{30}/_{1}$ nach Woronin). Daneben eine einzelne Schwärmspore stärker vergrössert.

Als Beispiel möge die Schwärmsporenbildung bei Botrydium granulatum angeführt werden (Fig. 189). Der ganze Vegetationskörper dieser kleinen einzelligen Alge wird zum Sporangium. Der Plasmainhalt des oberirdischen kugelförmigen Theiles wird in zahlreiche gleichartige Portionen zerlegt, welche zu Schwärmsporen werden. In Folge starker Quellung der Sporangienwand werden die Schwärmsporen bei der Reife durch einen am Scheitel entstehenden Riss aus der Mutterzelle heraus gedrängt. Die einzelne Schwärmspore ist birnförmig, besitzt Chlorophyll und eine an dem hyalinen, spitzen Ende eingefügte bewegliche Cilie. Die letztere geht nach einiger Zeit verloren; der Körper der Schwärmspore aber setzt sich an einem Gegenstand fest und wächst, wenn die Vegetationsbedingungen an dem gewonnenen Standorte günstige sind, zum neuen Pflänzchen heran. Das hyaline Ende der Spore stellt dabei den Anfang des Würzelchens, das chlorophyllhaltige Ende den Anfang des kugeligen Sprosses dar.

Unbewegliche Sporen finden sich sowohl bei den Algen und Pilzen, als auch bei den Moosen und Farnen. Ein einfaches Beispiel für die Sporenerzeugung gibt uns der gemeine Köpfchenschimmel, ein Pilz aus der Gattung Mucor, welcher überall auf verschimmelnden organischen Substanzen sich einfindet. Der Pilz besteht aus einem zarten, vielfach verzweigten Mycel, welches sich in und auf dem Substrat ausbreitet. Von dem Mycel erheben sich einzelne senkrecht gestellte Aeste, welche an

ihrem obern Ende eine kugelförmige Zelle als Sporangium abgliedern. Der Inhalt dieser Zelle theilt sich in zahlreiche Portionen, welche sich mit einer Membran umgeben und Sporen darstellen. Bei der Reife der Sporen wird die Sporangienwand zersprengt und die Sporen können direkt keimen und zu neuen Mycelien auswachsen. Die Zahl der Sporen ist in dem Sporangium von Mucor sehr gross, in anderen Fällen ist die Menge der ausgebildeten Sporen eine geringere und auf eine bestimmte Zahl beschränkt; so finden wir bei vielen zur Gruppe der Floriden gehörigen Algen sogenannte Tetrasporangien und Tetrasporen als Organe der ungeschlechtlichen Fortpflanzung vor. Der Inhalt des Sporangiums theilt sich hier regelmässig in vier Sporen (Fig. 191 **A**). In den Sporenschläuchen der als Askomyceten bezeichneten Pilze entstehen in der Regel



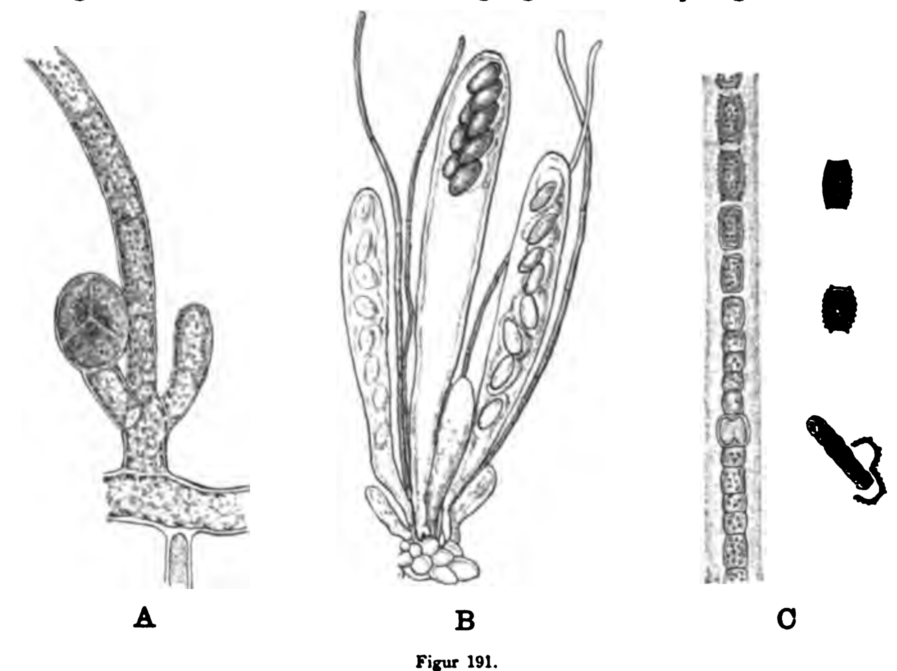
Figur 190.

A Ein junges Exemplar von Mucor. *a*, *b*, *c* Sporangienäste in verschiedenen Entwickelungsstadien (nach Kny), **B** ein Sporangium im optischen Längsschnitt (stärker vergrössert).

je acht Sporen (Fig. 191 **B**). Das schlauchartige Sporangium wird hier Askus genannt und dem entsprechend heissen die darin gebildeten Sporen Askosporen. Endlich kommen auch Fälle vor, in denen das Sporangium nur eine einzige Spore enthält. Wir finden Beispiele dafür bei den Bakterien und Spaltalgen, deren sehr ausgiebige Vermehrung, wie wir gesehen haben, durch vegetative Zweitheilung erfolgt (Fig. 191 **C**). Die Sporenbildung hat hier für die Vermehrung der Individuenzahl eine untergeordnete Bedeutung, in dem aber die Spore durch ihre Ausbildung grössere Widerstandskraft gegen ungünstige äussere Einflüsse besitzt als die vegetativen Zellen, ermöglicht die Sporenbildung die Erhaltung der Art auch über ungünstige Zeiten hinaus.

Bei sehr vielen Pilzen treffen wir neben den Sporen oder auch für sich allein, sporenähnliche Fortpflanzungsorgane an, welche äusserlich

von dem Vegetationskörper des Pilzes abgegliedert werden; man bezeichnet dieselben gegenüber den stets im Innern eines Sporangiums sich bildenden Sporen als Conidien. Für die Conidienbildung finden wir wieder unter den gewöhnlichsten Schimmelformen ein typisches Beispiel. Der Pinselschimmel, Penicillium, erzeugt an seinem weitverzweigten, vielzelligen Mycel, welches das Substrat durchsetzt, zahlreiche aufwärts wachsende Aeste, die zu Conidienträgern werden. Jeder Träger verzweigt sich an seinem oberen Ende kandelaberartig und an der Spitze jeder Endverzweigung wird eine rundliche Conidie abgeschnürt. Durch Wachsthum verlängert sich darnach die Endverzweigung auf ihre ursprüngliche Grösse,



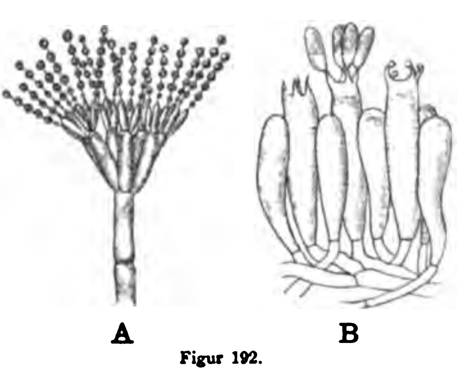
Figur 191.

A Zweigstück von der Floridee Lejolisia mediterranea, an welchem links ein Tetrasporangium steht ($^{250}/_1$ nach Bornet). **B** Gruppe verschieden alter Sporenschläuche des Askomyceten Ascobolus vinosus ($^{145}/_1$ nach Boudier). **C** Fadenstück der Spaltalge Spermosira hallensis, die oberen Zellen bilden Dauersporen. Rechts daneben einzelne Sporen in verschiedenen Keimungsstadien ($^{490}/_1$ nach Janczewski).

und es entsteht unter der ersten Conidie eine zweite. In der gleichen Weise setzt sich der Process fort, so dass ganze Ketten von kugelförmigen Conidien aus jedem Ast hervorgehen (Fig. 192 **A**). Bei der Reife fallen die Conidien nach einander von dem Träger ab und lassen, wenn sie in günstige Keimungsbedingungen gelangt sind, ein neues Mycel aus sich hervorgehen. Die Conidienbildung und die dadurch erzielte Vermehrung ist bei Penicilium und ähnlichen eine sehr ausgiebige, in anderen Fällen ist die Zahl der an einem Conidienträger entstehenden Conidien weit geringer. In der Gruppe der Basidiomyceten sind die Conidienträger meist nach

Form und Sporenzahl bestimmter charakterisirt, sie werden hier als Basidien bezeichnet. Die Basidien sind meist keulenförmige Zellen (Fig. 192 B), an ihrem Gipfel tragen sie vier zähnchenartige Fortsätze, die Sterigmen, deren jeder auf seiner Spitze eine Conidie abgliedert.

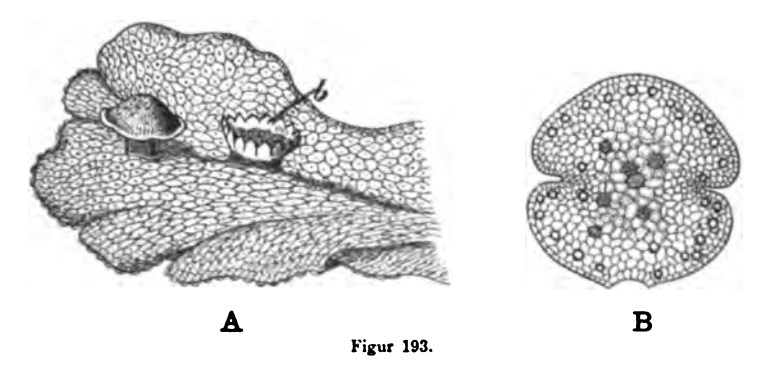
Die Sporenbildung der Moose und Farne steht in bestimmter Beziehung zu der geschlechtlichen Fortpflanzung dieser Gewächse und ist deshalb später im Zusammenhang damit eingehender zu behandeln. Hier möge nur erwähnt werden, dass die Sporen meist zu vier im Innern einer Zelle, der Sporenmutterzelle entstehen. Die Sporangien der Farne sind mehrzellige kapselartige Gehäuse, welche mehrere Sporenmutterzellen umschliessen. Die Sporenmutterzellen der Moose sind als zusammenhängende Gewebemasse in dem Körper der als Sporogonium bezeichneten ungeschlechtlichen Generation der Moospflanze eingeschlossen.



Figur 192.

A Conidientragender Ast des Pilzes Penicillium ($^{630}/_1$ nach Brefeld). **B** Gruppe von Basidien von einem Agaricus.

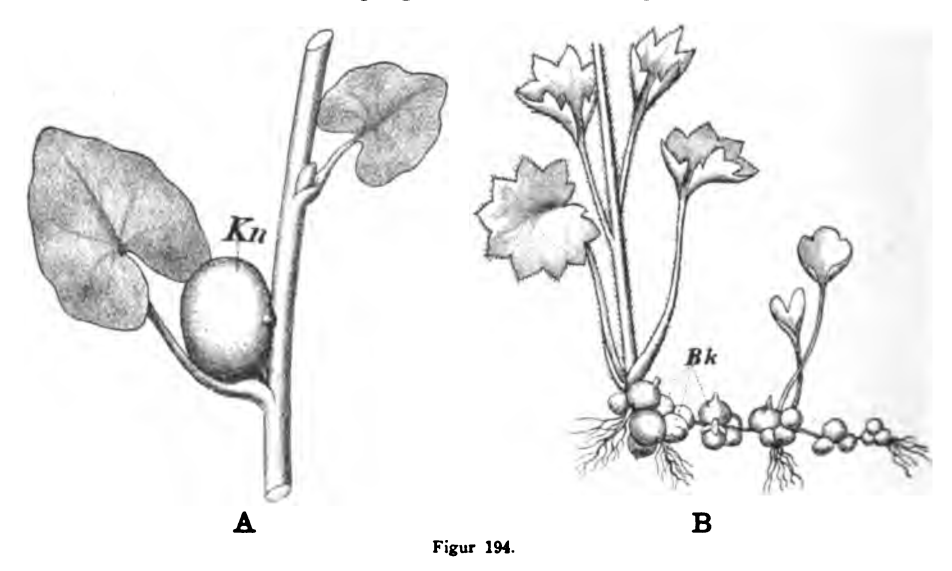
Brutknospen. — Unabhängig von der durch eine regelmässige Aufeinanderfolge von geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Generationen charakterisirten Fortpflanzung, kommt bei Moosen und Farnen auch noch eine ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Brutknospen vor. Gruppen von Zellen, welche sich durch ihre Ausbildung von den vegetativen Organen der Pflanzen unterscheiden, werden an einer beliebigen oder an einer bestimmt umgrenzten Stelle des Vegetationskörpers abgegliedert und wachsen, nachdem sie isolirt worden sind, unter günstigen Bedingungen zu neuen Pflanzen aus. Als Beispiel mögen die Brutknospen des überall verbreiteten Lebermooses, Marchantia polymorpha, dienen.



Figur 193.

A Ein Stück des thallosen Sprosses von Marchantia mit einem Brutbecherchen *b*, **B** eine einzelne Brutknospe stärker vergrössert (nach Kny).

Auf der Oberfläche des thallosen Sprosses stehen vereinzelt kleine becher- oder schüsselförmige Organe, die Brutbecherchen (Figur 193 **A**), aus deren Grunde fortgesetzt Zellreihen hervorwachsen, welche sich unter Zelltheilung an ihrem oberen Ende stark verbreitern, und zu bassgeigenförmigen Zellkörpern werden, welche sich bei der Reife leicht von dem zarten Stiel ablösen. In den seitlichen Einschnürungen dieser Brutknospen liegen Vegetationspunkte, von denen nach der Isolirung der Gebilde das Wachsthum ausgeht. Die Stoffzufuhr wird durch Haarwurzeln vermittelt, welche sich an der vom Licht abgewendeten Seite aus dem Körper der Brutknospen entwickeln. Manche beblätterte Lebermoose entwickeln aus den Zellen der Blattspitze zahlreiche wenigzellige Brutknospen. Bei den Laubmoosen treffen wir kugelige, braune Brutknospen schon an dem als



Figur 194.

A Sprossstück von Ranunculus Ficaria mit Brutknospe *Kn*, **B** unterer Theil von Saxifraga granulata mit Brutknöllchen *Bk*.

Jugendform der Moospflanze zu bezeichnenden fadenförmigen Protomena, aber auch die erwachsene Pflanze trägt bei einigen Arten Brutknospen, die wie bei Tetraphis in Bau und Entwickelung einige Aehnlichkeit mit den Brutknospen von Marchantia haben oder wie bei Aulacomnium leicht als umgewandelte Blätter zu erkennen sind.

Die Brutknospen, welche sich bei manchen Blüthenpflanzen finden, sind in allen Fällen umgewandelte Sprosse, die entweder direkt in ihren Zellen oder in irgendwelchen mit ihnen verbundenen Gliedern Reservestoffe zur Verfügung haben und deren Vegetationspunkt nach der Trennung der Brutknospe von der Mutterpflanze zum Sprossscheitel der neuen Pflanze auswächst. Die bekannten Brutknospen in der Achsel der Blätter von Lilium bulbiferum sind zwiebelähnliche Achselknospen. Aehnliche Brutzwiebeln finden sich meist sehr zahlreich in den Achseln der Zwiebel-

schuppen bei den verschiedensten Zwiebelgewächsen. Die Knöllchen in den Blattachseln bei Ranunculus Ficaria sind gleichfalls Achselknospen, an denen frühzeitig eine Wurzelanlage auftritt, welche sich zum Reservestoffbehälter umwandelt (Fig. 194 A). An den in Figur 194 B abgebildeten unterirdischen Brutknospen von Saxifraga granulata sind die Reservestoffe in der Sprossachse selber und in den Blattanlagen abgelagert.

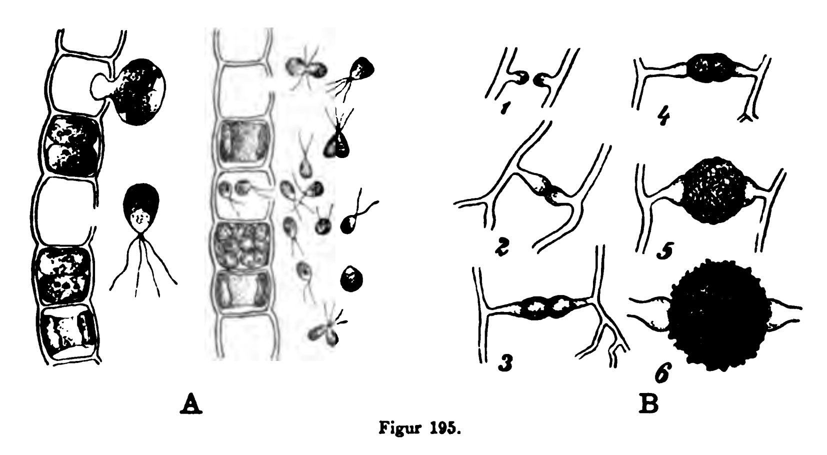
3. Die geschlechtliche Fortpflanzung.

Das charakteristische Merkmal der geschlechtlichen Fortpflanzung besteht in dem Vorgang der Verschmelzung zweier Zellen, welche mit einem gemeinsamen Namen als Sexualzellen oder Gameten bezeichnet werden. Die näheren Umstände, unter denen dieser als Befruchtung bezeichnete Vorgang sich vollzieht, die Beschaffenheit der Sexualzellen und die Form und Ausbildung der besonderen Organe, Geschlechtsorgane, in oder an denen die Sexualzellen entstehen, ist in den verschiedenen Gruppen des Gewächsreiches ausserordentlich verschieden. Indessen sind alle die mannigfaltigen Erscheinungen auf diesem Gebiete durch sanft abgestufte Uebergänge mit einander verbunden, so dass wir, wenn wir von den niedersten zu den höchst entwickelten Pflanzen fortschreiten, hinsichtlich der geschlechtlichen Vorgänge einen aufsteigenden Gang der Entwickelung vom Einfachen zum Complicirteren erkennen können.

Die geschlechtliche Fortpflanzung der Thallophyten. — Bei den Algen und Pilzen herrscht die grösste Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, neben Fällen, in denen die Gameten an Gestalt und Grösse völlig gleich bis zur Verschmelzung den gleichen Entwickelungsgang durchlaufen, finden wir solche, in denen schon frühzeitig eine weitgehende Differenzirung zwischen den zu Gameten werdenden Zellen eingeleitet wird, so dass ein deutlicher Unterschied zwischen männlicher Sexualzelle und weiblichem Ei erkennbar wird. Wir können darnach die Befruchtungsvorgänge der Thallophyten in zwei durch Uebergänge verbundene Gruppen bringen. 1. Die isogame Befruchtung besteht in der Verschmelzung zweier an Gestalt, Grösse und Ausbildung gleicher Sexualzellen: das Verschmelzungsprodukt derselben wird Zygospore genannt. 2. Bei der oogamen Befruchtung sind verschieden gebildete männliche und weibliche Gameten vorhanden, ihr Verschmelzungsprodukt heisst Oospore.

Ein Beispiel für isogame Befruchtung bietet uns die Grünalge, Ulothrix, dar (Fig. 195 A). Die kurzen Zellen, aus denen die cylindrischen, unverzweigten Fäden derselben bestehen, enthalten im vegetativen Zustande in ihrem Protoplasma einen band- oder plattenförmigen Chlorophyllkörper. Eine ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch birnförmige Schwärmsporen mit vier Cilien vermittelt, welche zu zweien in einer zum Sporangium werdenden vegetativen Zelle entstehen. Wenn die Pflanze zur geschlechtlichen Fortpflanzung schreitet, so theilt sich der gesammte Inhalt einzelner Zellen nach voraufgegangener Kerntheilung in 16 Portionen,

welche durch eine Oeffnung in der Zellwand nach aussen gelangen. Jede derselben stellt einen Gameten dar, welcher Birnform besitzt, am spitzen hyalinen Ende zwei Cilien trägt, im runden Theil mit Chlorophyll und seitlich mit einem rothen Augpunkt versehen ist. Mit Hilfe des Mikroskopes kann man beobachten, dass einzelne der im Wassertropfen schwärmenden Gameten sich mit ihren Cilien verflechten und zunächst mit ihren spitzen Enden in Berührung treten. Sie legen sich dann mit den Längsseiten aneinander und verschmelzen zu einem einzigen Körper, der zunächst noch vier Cilien und zwei Augpunkte besitzt. Später verliert das Verschmelzungsprodukt, die Zygospore, die Cilien und umgiebt sich mit einer neuen Zellwand. Bei der Keimung erzeugt die Zygospore aus ihrem Inhalt zunächst eine Anzahl von ungeschlechtlichen Schwärmsporen, welche sich festsetzen und zu neuen Fäden auswachsen.



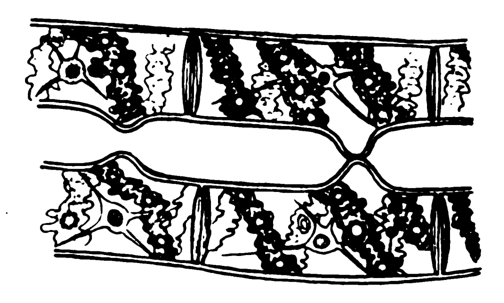
Figur 195.

A Fadenstücke von Ulothrix. In dem linken Fadenstück werden ungeschlechtliche Schwärmsporen ausgebildet. In dem rechten Fadenstück werden Gameten ausgebildet, rechts davon einzelne Gameten in verschiedenen Stadien der Kopulation. **B** 1—6 Verschiedene Stadien der Zygosporenbildung bei Mucor.

In Fällen, in denen, wie bei dem vorliegenden Beispiel, selbstbewegliche Sexualzellen vorhanden sind, pflegt man den Befruchtungsvorgang wohl auch kurz als Gametencopulation zu bezeichnen; ein weiteres Beispiel möge zeigen, dass auch eine Verschmelzung unbeweglicher Zellen zur Zygosporenbildung führen kann. Die Schimmelpilze aus der Gattung Mucor vermehren sich sehr ausgiebig durch die auf Seite 213 geschilderte Sporenbildung, gelegentlich aber kommt bei ihnen eine geschlechtliche Fortpflanzung zu Stande (Fig. 195 B). Zwei Aeste des verzweigten Myceliums, welche sehr reichlich mit Protoplasma versehen sind, wachsen direkt gegen einander, bis sie sich mit den Spitzen berühren. Ihre keulenförmigen Enden, welche durch eine Querwand von dem übrigen Mycel abgegrenzt werden, schwellen mehr und mehr an, und indem an der Berührungsstelle die Zellwand aufgelöst wird, verschmelzen diese beiden Zellen zu einer einzigen, welche sich kugelförmig abrundet und nach Ausbildung starker

Wandverdickungen die ausgewachsene Zygospore darstellt. Durch die kräftige Ausbildung der Wand wird die Zygospore in Stand gesetzt, ungünstige äussere Umstände leichter zu ertragen. Sie kann ohne Schaden eine Ruhepause durchmachen und keimt, nachdem günstige Wachsthumsbedingungen eingetreten sind. Das kleine schlauchartige Mycel, welches bei der Keimung aus der gesprengten Haut der Zygospore hervorwächst, bildet sehr bald ein Sporangium mit ungeschlechtlichen Sporen, welche eine Entstehung zahlreicher neuer Pflanzen anbahnen.

Unter den Grünalgen bieten einige zur Abtheilung der Conjugaten gehörige Fadenalgen gute Beispiele für die Zygosporenbildung unbeweglicher Gameten. Bei Spirogyra enthalten die cylindrischen Zellen der unverzweigten Fäden in ihrem Protoplasma einen Zellkern und ein oder mehrere spiralig gewundene, der Wand anliegende Chlorophyllbänder. Bei der Zygosporenbildung (Fig. 196) werden in typischen Fällen an den Zellen der parallel nebeneinander liegenden Fäden Ausstülpungen gebildet, welche direkt gegen einander wachsen, bis sie sich berühren und nach Auflösung der Zellwand an der Berührungsstelle ein offenes Verbindungsrohr zwischen je zwei Zellen darstellen. Durch Wasserabgabe verringern die Protoplasmakörper der Zellen ihren Umfang und je einer derselben wandert durch das Verbindungsrohr in die andere Zelle, um dort mit dem Inhalt zu verschmelzen. Die dadurch entstehende Zygospore rundet sich gleichmässig ab und umgibt sich mit einer festen Membran. Bei der Keimung wird die äussere Hülle von dem hervordrängenden Inhalt durchbrochen und der letztere bildet sich zum neuen Faden aus, dessen Zellenzahl durch fortgesetzte Zelltheilung vermehrt wird.





Figur 196.

Zellen der grünen Fadenalge Spirogyra in verschiedenen Stadien der Zygosporenbildung.

Insofern als der eine der Gameten hier in der Zellwand bleibt, während der andere sich zu ihm hin bewegt, und insofern, als auch die Inhaltsbestandtheile der beiden Gameten sich bei der Verschmelzung nicht völlig übereinstimmend verhalten, finden wir bei Spirogyra schon eine geringe Gegensätzlichkeit zwischen den beiden Gameten angedeutet und können den soeben geschilderten Befruchtungsvorgang als eine Zwischenstufe zwischen isogamer und oogamer Fortpflanzung ansehen. Deutlich ausgesprochene oogame Befruchtung unbeweglicher Gemeten findet sich indes nur bei gewissen Pilzen, die danach als Oomyceten bezeichnet

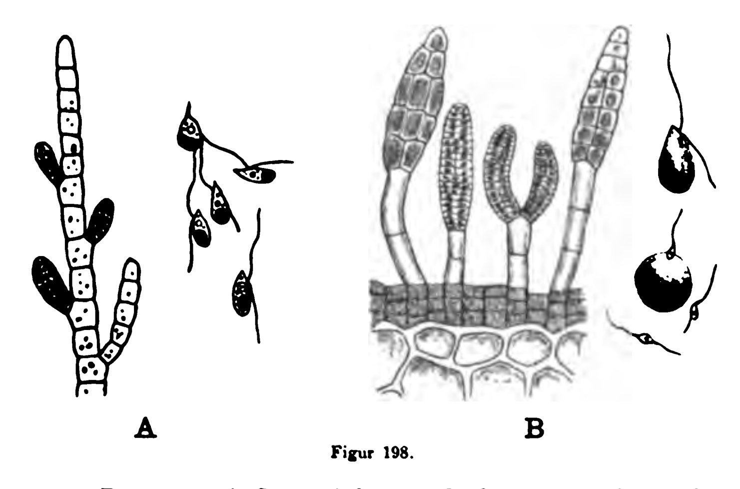
[illegible]

[illegible] weiblicher Gamet [illegible] bei der Keimung zu neuen [illegible]

[illegible] Familie der Cutleriaceen [illegible] und weiblichen Gameten [illegible] gehörenden Zanardinia collaris [illegible] einzelner Fadenaste des zu einem [illegible] Vegetationskörpers zu Gametenbehältern [illegible] durch zahlreiche Quer- und Längs- [illegible] Zellen, deren Inhalt je einen männlichen Gameten liefert. [illegible] nur wenige Theilungen, so dass die Theilzellen [illegible] und die aus ihrem Inhalt hervorgehenden weiblichen Gameten die männlichen vielmals an Grösse übertreffen. Die weiblichen

Gameten besitzen, wie die männlichen, zwei Cilien an ihrem birnförmigen Körper. Sie behalten dieselben aber nur kurze Zeit und kommen bald zur Ruhe, indem sie sich zu einem kugelförmigen Ei abrunden, an dem ein farbloser Fleck, der Empfängnissfleck, die Stelle bezeichnet, an welcher bei der Befruchtung ein männlicher Gamet in den Körper des Eies eindringt.

Das Verhalten von Zanardinia leitet zu der Fortpflanzungserscheinung bei Fucus hinüber (Fig. 199), bei welcher ein weiterer Fortschritt in der Entwickelung des Sexualaktes zu erkennen ist, insofern als die Eizelle von Anfang an ohne Bewegungsorgane ist. Die Arten der Gattung Fucus sind hochentwickelte Meeresalgen, welche einen laubartigen, reichlich dichotomisch verzweigten Thallus und ein wurzelähnliches Haftorgan besitzen. Die Geschlechtsorgane befinden sich am Ende einzelner Thalluslappen in grubigen Vertiefungen, welche Conceptacula genannt werden.



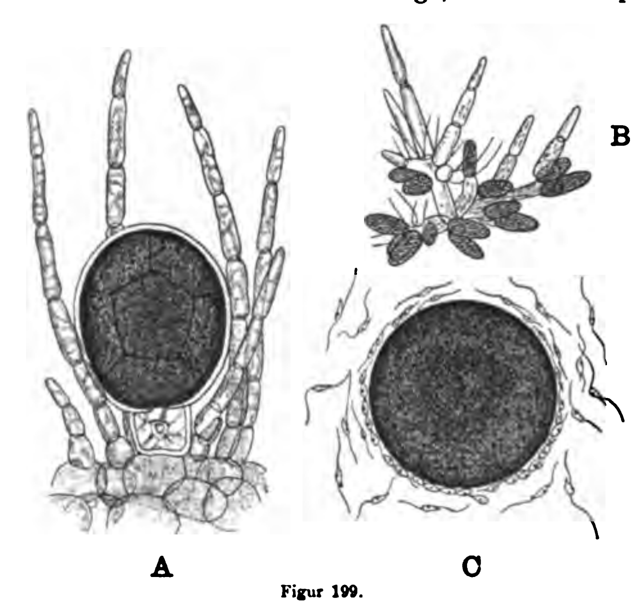
Figur 198.

A Fadenast von Ectocarpus mit Gametenbehältern. Rechts daneben ein weiblicher Gamet, welcher von männlichen umschwärmt wird. **B** Stück der Oberfläche des Thallus von Zanardinia mit Gametenbehältern. Rechts daneben männliche und weibliche Gameten.

Es sind zweierlei Arten von Geschlechtsorganen vorhanden, die Antheridien, in denen die männlichen Sexualzellen oder Spermatozoiden enstehen und die Oogonien, in denen sich die Eizellen ausbilden. Die Antheridien sind die einzelligen Enden verzweigter Fädenäste, welche aus der Wand des Conceptaculum entspringen. Der Inhalt derselben zertheilt sich in sehr zahlreiche Portionen, die je einen sehr kleinen männlichen Gameten darstellen, welcher zwei seitlich stehende Cilien trägt. Die Oogonien sind kugelig angeschwollene Zellen, die auf einem kurzen Stiel zwischen verzweigten Haaren an der Wand des weiblichen Conceptaculum stehen. Ihr Inhalt theilt sich in acht nackte Zellen, die, so lange sie im Oogonium liegen, durch gegenseitigen Druck polygonal erscheinen. Später werden die Zellen aus dem Oogonium befreit und vor die Oeffnung des Conceptaculums hinausgedrängt und stellen dann jede ein völlig kugelig

abgerundetes Ei dar. Ganze Schaaren der vielmals kleineren männlichen Gameten umschwärmen alsbald jedes Ei und setzen sich an demselben fest. Es ist indess wohl anzunehmen, dass die Verschmelzung eines einzigen derselben mit dem Ei zum Zustandekommen der Befruchtung ausreicht. Das befruchtete Ei umgibt sich mit einer Membran und wächst, indem es sich an einer Unterlage festsetzt, zum neuen Algenthallus aus.

Als nächsten Schritt in der Ausbildung des Sexualaktes können wir die Thatsache ansehen, dass bei manchen Thallophylen das Ei überhaupt nicht aus dem Oogonium herausbefördert wird, sondern bis zu der Ausbildung der Oospore an dem Ort seiner Entstehung liegen bleibt. Wir finden diesen Fall bei der Grünalge, Coleochaete pulvinata, realisirt, bei welcher sich zugleich noch in anderer Beziehung eine weitergehende Organisation der Fortpflanzungserscheinungen erkennen lässt (Figur 200).

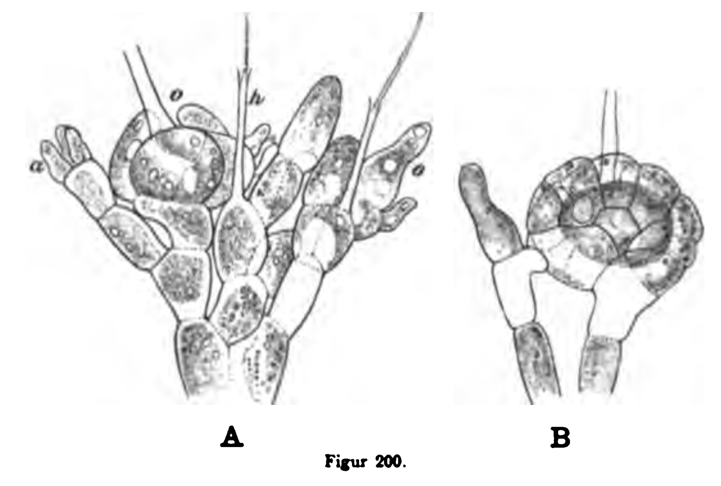


Figur 199.

Geschlechtsorgane von Fucus (nach Thuret). A Oogonium, in welchem acht Eizellen gebildet werden. B Verzweigte Fäden mit Antheridien aus einem Conceptakulum. C Ein reifes Ei, welches von Spermatozoiden umschwärmt wird (stärker vergrössert).

Der Thallus von Coleochaete besteht aus verzweigten Zellfäden, welche zu einer flachen Scheibe angeordnet sind, aus einzelnen der vegetativen Zellen entspringen Borstenhaare, welche am unteren Ende von dem äusseren Theil der Zellwand wie von einer Scheide umhüllt werden. Eine ungeschlechtliche Fortpflanzung kann in der Weise vor sich gehen, dass die Endzellen einzelner Thallusäste zu Sporangien werden, in denen je eine kugelige Schwärmspore mit zwei Cilien gebildet wird. Die Geschlechtsorgane gehen bei der besprochenen Art gleichfalls aus Endzellen der Fadenäste hervor. Die Antheridien werden gebildet, indem aus einer Endzelle zwei oder drei Ausstülpungen entstehen, welche sich durch eine Querwand abgrenzen. Der gesammte Inhalt jeder so gebildeten Zelle wird zu einem ovalen Spermatozoid mit zwei Cilien. Die Oogonien entstehen dadurch, dass eine Endzelle kugelförmig anschwillt und an ihrem vorderen Ende in einen schmalen Schlauch auswächst, der sich später an seiner Spitze öffnet und einen farblosen Schleimtropfen austreten lässt. Der mit Chlorophyll versehene Inhalt des kugelförmigen Theiles des Oogoniums

bildet die Eizelle. Nach der Befruchtung umgiebt sich die Eizelle mit einer eigenen Zellhaut und vergrössert sich noch beträchtlich durch Wachsthum. Indem aus der das Oogonium tragenden Zelle seitliche Aeste hervorsprossen, welche sich dicht an den Bauchtheil des Oogoniums anschmiegen, wird die Oospore mit einer dicht zusammenschliessenden zelligen Rinde umgeben, in deren Schutz sie den Winter über ruht. Im nächsten Frühjahr beginnt die Keimung, indem die Oospore durch Wachsthum die Berindung zersprengt und sich durch Querwände in mehrere Zellen zertheilt, deren jede eine ungeschlechtliche Schwärmspore ausbildet, welche zu einer neuen Pflanze heranwächst. Der Entwickelungsgang der Coleochaete zeigt einen deutlichen Generationswechsel. Die durch den Befruchtungsakt erzeugte Oospore wird nie direkt zur geschlechtlichen Pflanze, sondern der aus ihr hervorgehende Zellkörper stellt eine geschlechtslose Generation dar, welche nur Schwärmsporen



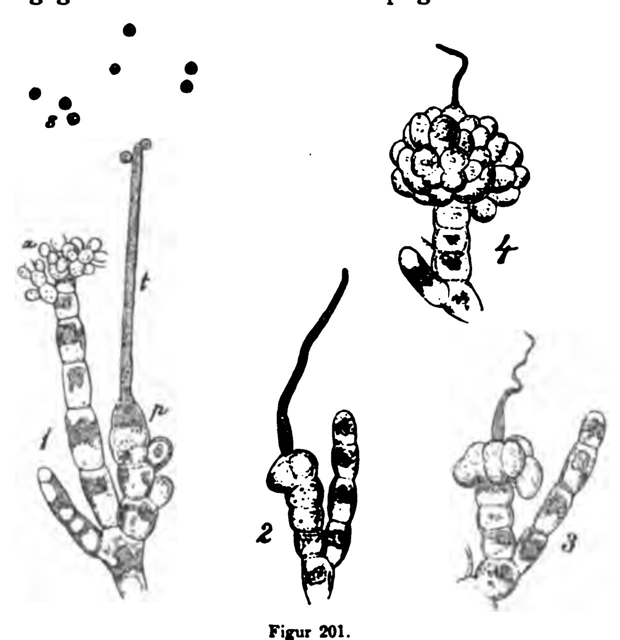
Figur 200.

Coleochaete pulvinata. A Stück eines fructificirenden Exemplars, *a* Antheridien, *o, o* Oogonien in verschiedenen Entwickelungsstadien, *h* Haar. B Ein fast reifes vollständig berindetes Oogonium ($^{200}/_1$ nach Pringsheim).

erzeugt, und erst an den aus diesen erwachsenden Pflanzen entstehen wieder Geschlechtsorgane.

Eine ähnliche Erscheinung lässt sich bei den Rothalgen oder Florideen erkennen. Der dem Oogonium homologe weibliche Geschlechtsapparat wird bei ihnen Procarp genannt. Er besteht im einfachsten Falle, der in Figur 201 dargestellt ist, aus einer einzigen Zelle, welche in ihrem untern kugelförmig angeschwollenen Theil die weibliche Sexualzelle des Karpogon enthält, während das obere Ende zu einem Schlauch ausgezogen ist. Dieser schlauchförmige Theil der als Empfängnissapparat dient, wird Trichogyn genannt. In anderen Fällen werden Trichogyn und Karpogon von verschiedenen Zellen gebildet. Die Antheridien sind entweder einzelne Endzellen der Thalluszweige, oder sie bilden dicht gedrängt stehende Zellgruppen am Ende einzelner Thallusäste. In ihnen entstehen in Einzahl

oder Mehrzahl die männlichen Gameten, die Spermatien, deren Protoplame mit einer Membranhülle umgeben ist und zum Unterschied von den Spermatozoiden der früher besprochenen Formen keine Bewegungsorgane besitzt. Die Befruchtung erfolgt dadurch, dass die Spermatien durch äussere Kräfte zu dem Trichogyn geführt werden und sich an demselben festsetzen. Durch Auflösung der Zellwände an der Berührungsstelle wird eine offene Verbindung hergestellt, so dass der befruchtende Inhalt der Spermatien in das Trichogyn gelangen und von diesem zu dem Karpogon geleitet werden kann. Bei den Formen mit einzelligem Prokarp wird das Karpogon nachträglich durch eine Querwand von dem Trichogyn abgegrenzt. Das befruchtete Karpogon theilt sich darauf durch Zellwände und wächst an seinem Umfang zu Fäden aus, die sich in einzelne zu Sporen werdende Zellen theilen, oder am Ende je eine Spore abgrenzen. Das ganze aus dem befruchteten Karpogon erzeugte Gebilde wird als Sporenfrucht bezeichnet, die einzelnen Sporen heissen Karposporen, aus ihnen entstehen später durch Keimung neue Pflanzen.



Figur 201.

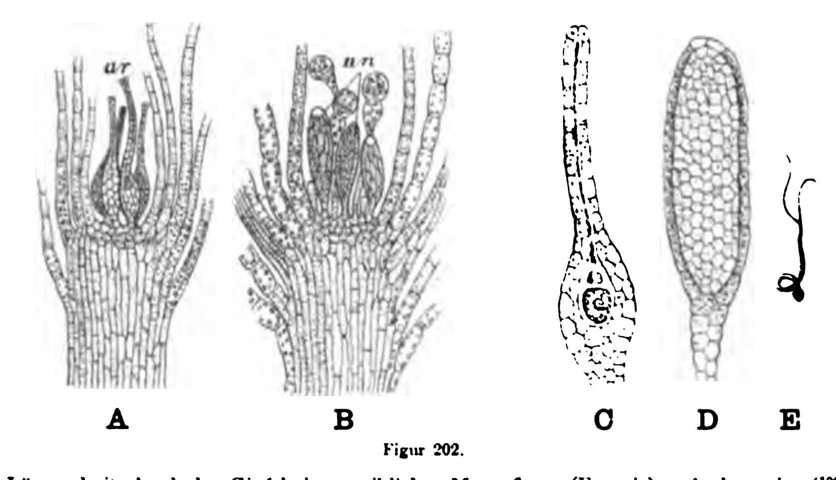
Nemalion multifidum. 1 Thallusäste mit Antheridien *a* und Procarp *p* Karpogon, *t* Trichogyn desselben. 2—4 Entwickelung des Procarps nach der Befruchtung ($^{400}/_1$ nach Bornet u. Thuret).

Die Fortpflanzung der Archegoniaten. — Bei den Moosen, Gefässkryptogamen und Gymnospermen treffen wir hinsichtlich des Befruchtungsvorganges in allen wesentlichen Punkten grosse Uebereinstimmung. Auch die Form und Entwickelung des weiblichen Geschlechtsorganes, welches hier Archegonium genannt wird, zeigt bei allen Arten weitgehende Aehnlichkeit, so dass man deshalb diese drei Abtheilungen des Pflanzenreiches als die Gruppe der Archegoniaten zusammenfassen kann. Das Archegonium zeigt in den typischen Fällen die Form eines flaschenartigen Zellgebildes in dessen Bauchtheil die Eizelle liegt. Der halsförmige Theil öffnet sich bei der Reife des Eies an seiner Spitze und stellt einen schlauchartigen Kanal dar, durch welchen die männlichen Sexualzellen zum Ei gelangen. Die männlichen Sexualzellen sind bei den Moosen und Farnen Spermatozoiden, welche sich von den gleichnamigen Gebilden einiger Algen nicht wesentlich unterscheiden. Ihr Körper ist meist lang-

gestreckt und spiralig eingerollt und trägt als Bewegungsorgane Cilien. Die meist kapselartigen Zellkörper, in denen die Spermatozoiden entstehen, werden auch hier als Antheridien bezeichnet.

Ein Generationswechsel ist bei allen Archegoniaten deutlich darin ausgesprochen, dass das aus der befruchteten Eizelle hervorgehende Gebilde nicht direkt wieder Geschlechtsorgane, sondern ungeschlechtliche Sporen erzeugt, aus denen durch Keimung neue geschlechtliche Pflanzen hervorgehen. Je mehr wir aber in der Reife der Archegoniaten emporsteigen, desto mehr wird dieser Entwickelungsgang vereinfacht, indem die Ausbildung und die Lebensdauer der geschlechtlichen Generation mehr und mehr zusammengedrängt wird, während umgekehrt die ungeschlechtliche Generation zu immer höherer Entwickelung gelangt.

Bei den Moosen ist die geschlechtliche Generation noch wohl entwickelt. Aus der Keimung der Spore entsteht meistens erst eine algen-



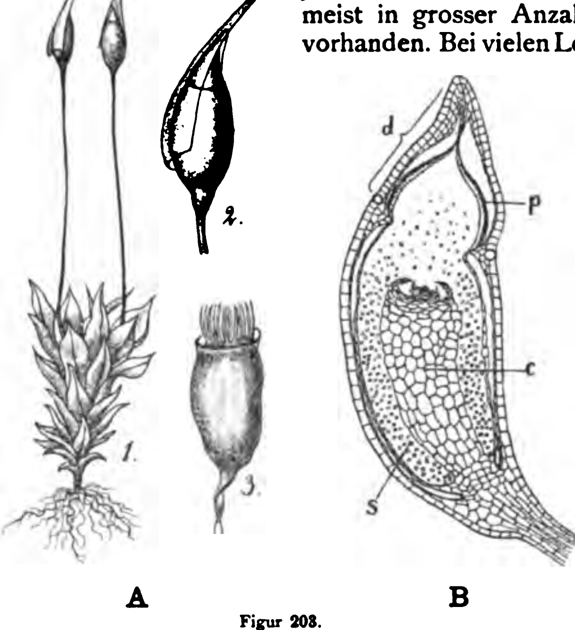
Figur 202.

A Längsschnitt durch den Gipfel einer weiblichen Moospflanze (Funaria) *ar* Archegonien ($^{100}/_1$). **B** Längsschnitt durch den Gipfel einer männlichen Moospflanze (Funaria) *an* Antheridien ($^{100}/_1$). **C** Einzelnes Archegonium im Längsschnitt ($^{280}/_1$). **D** Einzelnes Antheridium im Längsschnitt ($^{280}/_1$). **E** Ein Spermatozoid ($^{800}/_1$) [meist nach Sachs].

ähnliche Jugendform der geschlechtlichen Moospflanze, welche Protonema genannt wird. Aus der Spitze oder aus seitlichen Verzweigungen der Protonemafäden entsteht später durch Wachsthum die eigentliche Pflanze. Sie stellt meist einen bewurzelten Spross mit Scheitelwachsthum dar, welcher bei den Laubmoosen und bei vielen Lebermoosen eine deutliche Gliederung in Sprossachse und Blätter erkennen lässt.

Die Archegonien und Antheridien (Fig. 202) entstehen erst, wenn die vegetative Ausbildung der Pflanze eine beträchtliche Entwickelung erlangt hat. Für den Befruchtungsvorgang ist die Gegenwart von Wasser in der Umgebung der reifen Geschlechtsorgane eine unerlässliche Bedingung. Aus dem eröffneten Hals der reifen Archegonien tritt Schleim hervor, welcher sich im Wasser ausbreitend, einen richtenden Reiz auf die in der Nähe befindlichen Spermatozoiden ausübt und dieselben veranlasst

in den Halskanal des Archegonium hinein und bis zum Ei vorzudringen. Durch die Verschmelzung eines Spermatozoids mit der Eizelle wird die Befruchtung ausgeführt. Die ungeschlechtliche Generation, welche sich aus dem befruchteten Ei entwickelt, wird Sporogonium genannt (Fig. 203). Sie stellt immer einen wenig gegliederten Gewebekörper dar, der mit seinem untern, meist stielförmigen Ende in dem Bauch des Archegoniums stecken bleibt und von dort her ernährt wird. Das obere Ende des Sporogoniums wächst aus dem Archegonium heraus, indem es dasselbe an der Spitze durchbricht, oder indem es die obere Hälfte desselben als Mütze mit emporhebt. Es ist keulenförmig oder kugelig angeschwollen und schliesst das sporenbildende Gewebe ein. Die Sporen, welche je zu vier aus einer Mutterzelle hervorgehen, sind meist in grosser Anzahl im Innern der Kapsel vorhanden. Bei vielen Lebermoosen werden neben den Sporen eigenthümliche sterile Faserzellen mit spiraligen Wandverdickungen im Sporogonium ausgebildet, welche als Elateren bezeichnet werden und in manchen Fällen bei der Ausstreuung der Sporen eine Rolle spielen. In der Kapsel des Laubmoos-Sporogoniums (Fig. 203) bleibt meist ein centraler Theil des Gewebes steril und bildet die Columella d. h. ein Säulchen, welches von der Basis des Hohlraumes entspringend, mehr oder minder weit bis zu der oberen Seite desselben emporragt. Die Eröffnung der Kapsel erfolgt nach der Sporenreife bei den meisten Lebermoosen dadurch, dass die Kapselwand unregelmässig oder in vier Klappen auseinanderreisst, bei den Laubmoosen wird die Kapsel des Sporogoniums gewöhnlich durch das Abspringen eines Deckelchens eröffnet. Der Rand der so entstandenen Mündung ist dann oft noch mit einer regelmässigen Anzahl zierlicher Zähnchen besetzt, welche man als den Mundbesatz oder das Peristom der Kapsel bezeichnet. Nach der Reife der Sporen geht das Sporogonium bald gänzlich zu Grunde.

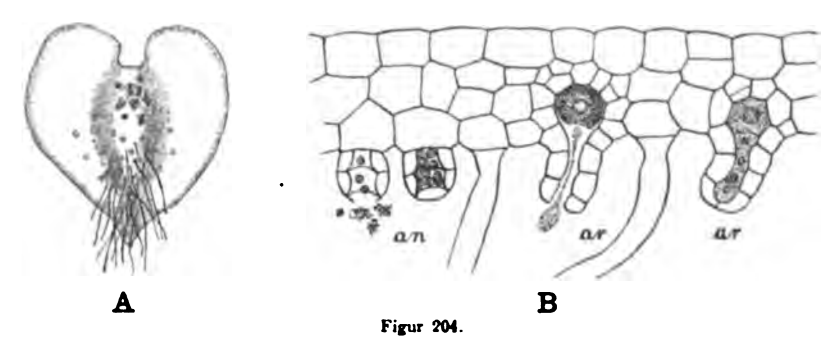


Figur 203.

A Anacalypta. 1. Ein Moospflänzchen, welches zwei Sporogonien trägt. 2. Die Kapsel eines Sporogoniums mit Deckel und Haube, stärker vergrössert. 3. Dieselbe nach dem Aufspringen. An dem Rande der Kapsel ist das Peristom sichtbar. **B** Längsschnitt durch ein reifes Sporogon von Rhynchostegium. *d* Deckel, *p* Peristom, *c* Columella, *s* Sporen.

Bei der Mehrzahl der Farne stellt die aus der Spore durch Keimung entstehende geschlechtliche Generation, das Prothallium, ebenfalls noch

ein selbständig lebendes, bewurzeltes Sprossgebilde dar. Dasselbe erreicht aber, indem das durch eine Scheitelzelle vermittelte Spitzenwachsthum früh eingestellt wird, nur geringe Ausdehnung und ist selbst bei den höchstentwickelten Formen nur ein wenige Millimeter langes und breites grünes Schüppchen von herzförmiger oder nierenförmiger Gestalt ohne weitere Gliederung. An der Unterseite des Prothalliums stehen zwischen zahlreichen Haarwurzeln die Archegonien und Antheridien (Fig. 204). Die ersteren sind hier mit ihrem Bauchtheil in das Gewebe eingesenkt, nur der Hals ragt frei hervor. Die Antheridien sind kleine wenigzellige Erhebungen, deren innere Zelle zu Spermatozoidmutterzellen wird. Die Befruchtung erfolgt hier wie bei den Moosen durch Vermittelung eines Wassertropfens, in welchem die Spermatozoiden, durch den aus dem eröffneten Archegonienhals hervordringenden Schleim gereizt, sich zu dem Ei fortbewegen. Nach erfolgter Befruchtung entwickelt die Eizelle sich zum Embryo, an dem als wichtigste Organanlagen die Sprossspitze, die Keimwurzel und das erste Blatt sehr bald erkennbar sind.



Figur 204.

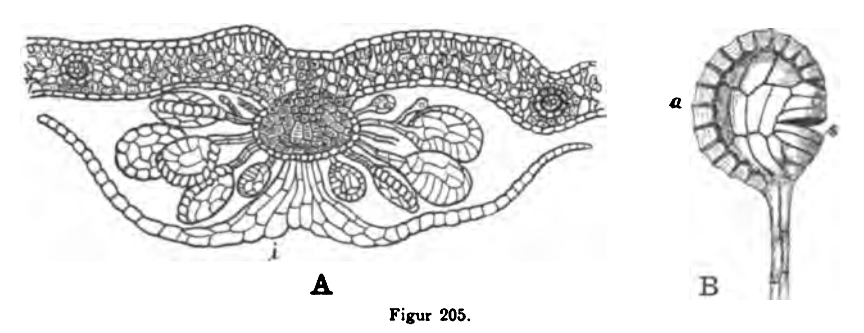
A Farnprothallium mit Archegonien und Antheridien von der Unterseite. B Stück vom Längsschnitt eines Farnprothalliums, *ar* Archegonien, *an* Antheridien. Das eine derselben ist schon theilweise entleert, einige Spermatozoiden sind vor der Oeffnung gezeichnet.

Mit einem als Embryofuss bezeichneten Zapfenfortsatz bleibt der Embryo vorerst in dem erweiterten Archegonienbauch stecken und bezieht von dort her seine erste Nahrung. Das Prothallium geht früher oder später zu Grunde, nachdem sich der Embryo zum selbständigen Pflänzchen entwickelt hat. Die Keimpflanze, welche den Anfang der ungeschlechtlichen Generation darstellt, wächst zu einem hochorganisirten Pflanzengebilde, der eigentlichen Farnpflanze, aus; sie entwickelt einen bewurzelten, bisweilen regelmässig verzweigten Spross mit wohl ausgebildeten, oft reich verzweigten Blättern. In anatomischer Beziehung schliesst sie sich durch den Besitz typischer Gefässbündel an die Blüthenpflanzen an. Die Sporen werden in kapselartigen Sporangien gebildet, welche meist an der Unterseite normaler oder wenig umgewandelter Blätter stehen.

Selten sind die Sporangien einzeln über die Blattfläche vertheilt, gewöhnlich bilden je mehrere eine Gruppe, Sorus genannt (Fig. 205). Die Sori sind bei vielen Formen nackt, bei andern sind sie durch den umgebogenen Blattrand bedeckt oder sie besitzen eine häutige Schutzhülle, welche als

Schleierchen oder Indusium bezeichnet wird. An den Sporangien, welche entweder gestielt oder sitzend sind, unterscheidet man die Sporangienwand und das sporenbildende Gewebe oder Archespor. Die Sporangienwand besteht aus einer einfachen (selten mehrfachen) Schicht von Zellen, unter denen oft eine meist ringförmig angeordnete Zellgruppe, der Annulus, durch die Ausbildung ihrer Wände ausgezeichnet ist. Der Annulus bewirkt das Aufspringen der reifen Sporangien. Die Stelle, an welcher der Riss in der Kapselwand entsteht, ist häufig durch abweichend geformte Zellen im Annulus, das sogenannte Stomium, vorbezeichnet. Das Archespor theilt sich in mehrere Sporenmutterzellen, deren jede vier Sporen erzeugt. Aus den Sporen gehen durch Keimung neue Prothallien hervor.

Bei den Wasserfarnen und den Selaginellen treffen wir zwei verschiedene Arten von Sporen an, die Makrosporen und die Mikrosporen, aus den ersteren gehen Prothallien hervor, welche nur Archegonien erzeugen, aus den letzteren solche, die nur Antheridien tragen (Fig. 206). Die Prothallien sind hier meist sehr rudimentär und stellen in manchen Fällen nur einen

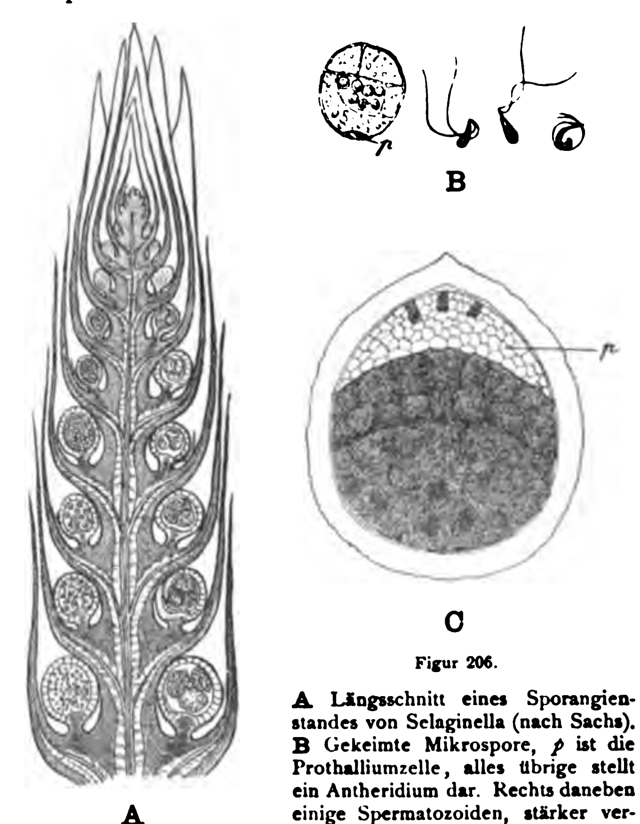


Figur 205.

Querschnitt durch den Theil eines Farnblattes (Aspidium), welcher einen Sorus trägt. Zahlreiche Sporangien stehen auf den vortretenden Blattnerven und sind von einem zarten Indusium *i* bedeckt (nach Sachs). **B** Einzelnes Sporangium nach dem Aufspringen. *a* Der Annulus, *s* das Stomium.

wenigzelligen Gewebekörper dar, der bisweilen während seiner ganzen Entwickelung in der Spore eingeschlossen bleibt oder doch nur wenig über die zersprengte Sporenhaut hervortritt. Die Archegonien sind tief eingesenkt, so dass auch der kurze Hals nur wenig oder garnicht über die Oberfläche des Prothalliums hervorragt. Die Antheridien an den oft auf eine einzige Zelle reducirten männlichen Prothallien sind meist aus wenigen Zellen gebildet, bisweilen bestehen sie nur aus einer einzigen Zelle, deren Inhalt zu Spermatozoidmutterzellen wird. Der Vorgang der Befruchtung bietet nichts Abweichendes dar. Die Embryoentwickelung geht ähnlich wie bei den Farnen vor sich. An den erwachsenen Pflanzen stehen die Sporangien, welche je nach der Form der in ihnen erzeugten Sporen als Makrosporangien und Mikrosporangien unterschieden werden. Die Blätter, welche die Sporangien tragen, die Sporophylle, sind bei den Selaginellen nicht oder wenig von den Laubblättern verschieden, sie sind an den Gipfeln einzelner Sprosse zu Sporangienständen vereinigt. Bei den Wasserfarnen entwickeln sich die Sporophylle oder einzelne Theile

derselben zu kugeligen oder bohnenförmigen Körpern den Sporenfrüchten oder Sporokarpien, welche die ursprünglich auf ihre Oberfläche angelegten Sporangiengruppen vollständig umwachsen und einschliessen. Die Mikrosporen entstehen zu je vier aus einer Mutterzelle, die Makrosporen haben eine ähnliche Entstehungsweise, nur bleiben viele der aus dem Archespor des Makrosporangiums hervorgegangenen Mutterzellen gänzlich unentwickelt, während die Tochterzellen einzelner zu stattlicher Grösse heranwachsen und Makrosporen bilden. Ein Unterschied zwischen den Sporophyllen, welche Mikrosporangien tragen und denen, an welchen Makrosporangien stehen, ist nirgend vorhanden, bisweilen stehen beide Arten auf denselben Blättern, selbst in demselben Sorus.



Figur 206.

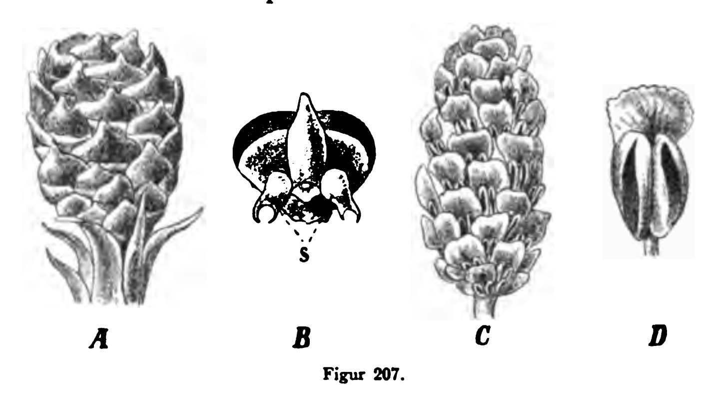
A Längsschnitt eines Sporangienstandes von Selaginella (nach Sachs). B Gekeimte Mikrospore, *p* ist die Prothalliumzelle, alles übrige stellt ein Antheridium dar. Rechts daneben einige Spermatozoiden, stärker vergrössert (nach Milardet). C Gekeimte Makrospore, *p* ist das Prothallium, dasselbe trägt oben drei Archegoniumanlagen (nach Pfeffer).

Bei den Gymnospermen, der höchststehenden Gruppe der Archegoniaten sind die Blattorgane, welche die Mikrosporangien, d. i. die Pollensäcke tragen, von denen an welchen die Makrosporangien d. i. die Samenanlagen entstehen in der Form und Ausbildung verschieden und werden als Staubblätter bezw. als Fruchtblätter bezeichnet. Fast immer sind sowohl die Staubblätter als auch die Fruchtblätter für sich zu Sporangienständen, den männlichen oder weiblichen Blüthen vereinigt (Fig. 207), deren Morphologie früher besprochen worden ist. In den Pollensäckene ntstehen je zu vier aus einer Mutterzelle die Mikrosporen, hier Pollenkörner genannt. Die Samenanlagen bergen je eine Makrospore, den Embryosack. Bei der Reife werden die aus den aufspringenden Pollensäcken befreiten Pollenkörner durch den Wind zu den weiblichen Blüthen und in die Nähe der Samenanlagen geführt.

Die Prothalliumentwickelung vollzieht sich hier stets innerhalb der

Sporen. Bei den Pollenkörnern ist sie auf die Entstehung einer oder weniger kleiner Zellen im Innern jedes Pollenkorns beschränkt (Fig. 208 **A**). Die zuletzt in der Pollenzelle abgetrennte Zelle, welche als generative Zelle bezeichnet wird, stellt das Antheridium dar. Die etwaigen früher abgetrennten Zellen werden sehr bald resorbirt; sie sind zusammen mit dem übrigbleibenden Theil der Pollenzelle als rudimentäres Prothallium anzusehen. Die generative Zelle löst sich im weiteren Verlauf der Entwickelung von der Wand der Pollenzelle los und wandert in den von der letzteren gebildeten Pollenschlauch hinein, welcher bis zu dem in dem Embryosack der Samenanlage liegenden weiblichen Prothallium vordringt.

Am vordern Ende des Pollenschlauches liegend theilt sich die generative Zelle in zwei Tochterzellen. Eine derselben (bisweilen auch beide) stellt die männliche Sexualzelle dar; dieselbe weicht durch ihre Gestalt und besonders durch den Mangel der Cilien wesentlich von den Spermatozoiden der übrigen Archegoniaten ab, man bezeichnet sie als Spermazelle oder kurz als Sperma.



Figur 207.

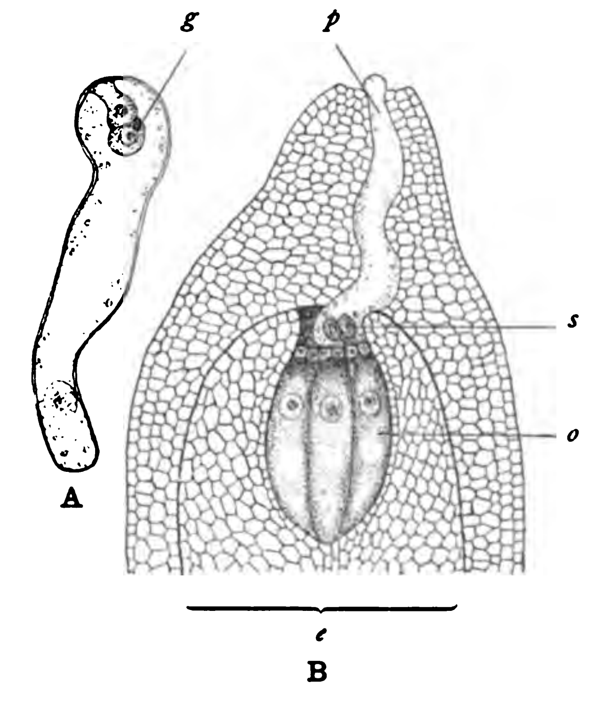
A Weibliche Blüthe von Pinus silvestris. **B** Ein einzelnes Fruchtblatt derselben mit zwei Samenanlagen *s* (= Makrosporangien). **C** Männliche Blüthe von Picea excelsa. **D** Ein einzelnes Staubblatt derselben mit zwei aufgesprungenen Pollensäcken (= Mikrosporangien) (nach Beissner).

Der Embryosack stellt anfangs im Innern der Samenanlage eine einzige Zelle dar, welche sich durch ihre Grösse und durch reicheren Protoplasmainhalt von den übrigen Zellen des Nucellus unterscheidet; er bleibt auch während der weiteren Entwickelung von dem Gewebe der Samenanlage eingeschlossen (Fig. 208 **B**). Sein Inhalt theilt sich in eine Anzahl von Prothalliumzellen, die mit Nährstoffen für den Embryo erfüllt sind und als Endosperm bezeichnet werden. An dem zur Mikropyle gekehrten Ende dieses Prothalliums entwickelt sich eine Gruppe von rudimentären Archegonien. Jedes Archegonium (früher hier Corpusculum genannt), besteht der Hauptsache nach aus einer Eizelle, an deren einem Ende einige kleine Zellen als Rudiment des Archegonienhalses vorhanden sind.

Der Befruchtungsvorgang erfolgt dadurch, dass aus dem Ende des bis zum Archegonium vorgerückten Pollenschlauches eine Spermazelle in das Ei hinübertritt. Aus dem befruchteten Ei geht durch Zelltheilung ein

Embryo hervor, an welchem die Keimwurzel, das hypocotyle Glied mit der Stammknospe und einige erste Blätter, die Cotyledonen, unterschieden werden können. Der Embryo macht im Samen eine Ruheperiode durch und entwickelt sich später bei der Keimung des Samens zur selbstständigen Pflanze, die meist erst nachdem sie ein mehrjähriges Alter erreicht hat, wieder männliche oder weibliche Blüthen oder beide zugleich hervorbringt.

Indem bei den Gymnospermen die Entwickelung der geschlechtlichen Generation auf wenige Zelltheilungen beschränkt ist, welche sich zumeist innerhalb der Organe der ungeschlechtlichen Pflanze abspielen und in dem hier statt der Spermatozoiden der übrigen Archegoniaten, Spermazellen auftreten, welche durch Vermittelung eines Pollenschlauches zum Ei geführt werden, liefert diese Abtheilung uns ein Verbindungsglied zu dem Befruchtungsvorgang bei den Angiospermen, die ja auch bezüglich der Form und Ausbildung ihrer vegetativen Organe mit den Gymnospermen grosse Aehnlichkeit besitzen.



Figur 208.

A Keimendes Pollenkorn von Juniperus. *g* Generative Zelle. B Längsschnitt durch den oberen Theil einer Samenanlage. Der Embryosack *e* ist fast ganz von Endospermgewebe erfüllt. In seinem oberen Ende sind drei Archegonien sichtbar. Jedes derselben besteht aus einer sehr grossen länglichen Eizelle *o*, und aus vier Halzzellen, von denen in der Figur nur je zwei sichtbar sind. In dem eingedrungenen Pollenschlauch *p* hat sich die generative Zelle in zwei Spermazellen *s* getheilt, welche nahe an der Spitze des Pollenschlauches liegen.

Die Fortpflanzung der Angiospermen. — Bei den Angiospermen hat die Reduction der geschlechtlichen Generation den höchsten Grad erreicht. Durch Vergleichung mit den Gymnospermen ist es trotzdem leicht, die Homologie ihrer Geschlechtsorgane mit den Organen der Archegoniaten festzustellen. Die Pollensäcke der Staubblätter entsprechen auch hier den Mikrosporangien, die Pollenkörner, welche zu vier aus einer Pollenmutterzelle entstehen, sind die Mikrosporen. Die im Fruchtknoten eingeschlossenen Samenanlagen sind Makrosporangien, in denen je eine Makrospore, der Embryosack, ausgebildet wird (Fig. 209).

Die sporangientragenden Blattorgane, die Staubblätter und Fruchtblätter, stehen, wie früher erörtert worden ist, in Blüthen, an deren Zusammensetzung meistens ausser ihnen noch sterile Blätter als Blüthenhülle betheiligt sind. Häufig finden sich Staub- und Fruchtblätter in einer Blüthe, bisweilen sind sie auf verschiedene Blüthen desselben Pflanzenindividuums oder auch auf verschiedene Pflanzen vertheilt. Die Pollenkörner werden durch äussere Agentien, meist durch den Wind oder durch Insekten auf die Narben der Fruchtknoten übertragen. Vielfach finden sich an den Blüthen Einrichtungen, durch welche die Pollenübertragung ermöglicht oder erleichtert wird. Die Pflanzen, deren Pollen vom Wind übertragen wird, haben unscheinbare Blüthen, deren Pollensäcke auf leicht beweglichen Staubfäden weit aus der Umhüllung der Blüthe hervorgestreckt werden wie bei den Gräsern, oder es sind die männlichen Blüthen, wie bei Eiche, Buche, Hasel u. a. m. für sich an einer leicht biegsamen Achse zu trauben- oder ährenartigen Blüthenständen, sogenannten Kätzchen, vereinigt, in denen die Pollenmassen gleichfalls dem Wind leicht zugänglich sind. Die Blüthen, deren Pollen durch Insekten zu den Narben gebracht wird, haben irgend welche Einrichtungen, welche dazu dienen, die Insekten anzulocken. Nektarabsonderung, besonderer Geruch, auffällige Färbung der Blüthen sind als derartige Anlockungsmittel anzusehen.

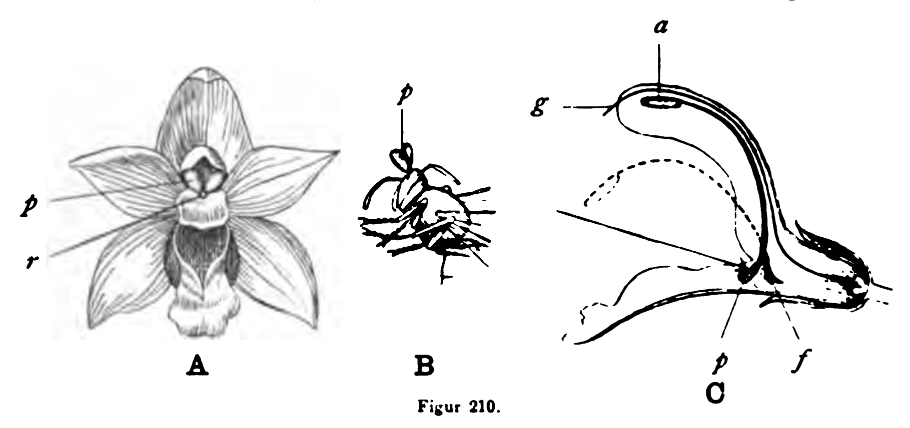
Figur 209.

Eine einfach gebaute Angiospermenblüthe (Polygonum) im Längsschnitt. *h* Die Blüthenhülle, *st* die Staubblätter, *p* Pollensäcke (= Mikrosporangien), *f* Fruchtblätter, *sa* eine Samenanlage (= Makrosporangium), *e* Embryosack (= Makrospore).

Die Insekten, welche die Blüthen besuchen, werden dann durch die Form und Anordnung der Blüthentheile zu Bewegungen und Körperstellungen genöthigt, durch welche sie mit dem zur Verstäubung reifen Pollen beziehungsweise mit der zu befruchtenden Narbe in Berührung kommen müssen. Eine eingehendere Betrachtung dieser Verhältnisse würde zu weit führen, einige besonders auffällige Beispiele mögen eine bestimmtere Vorstellung geben. In Figur 210 **A** ist eine Orchideenblüthe gezeichnet, man sieht oberhalb der Narbenfläche des Gynostemiums die Pollenmassen *p* des einzigen zur Ausbildung gelangenden Staubblattes. Die Pollenkörner sind mit einander zu zwei keulenförmigen Pollinarien verklebt, welche an dem vordern Ende eine gemeinsame Klebscheibe *r* besitzen. Die Blüthentheile sind so angeordnet, dass Wespen, welche die Blüthe besuchen, beim Auflecken des Honigs mit ihrem Kopf die Klebscheibe der Pollinarien berühren. Die Pollenmassen werden dadurch an

der Stirn des Insekts festgeheftet (Fig. 210 **B**). Besucht darauf das Insekt andere Blüthen, so stossen die Pollenkölbchen an die Narbenfläche und bleiben zum Theil an derselben haften, um zu Pollenschläuchen auszuwachsen.

Figur 210 **C** stellt den Längsschnitt einer Salbeiblüthe dar. Die Staubblätter besitzen hier nur ein kurzes Filement *f*. Das Connectiv ist dagegen zu einem langen bogenförmig gekrümmten Stab ausgewachsen, welcher an dem oberen Ende eine Antherenhälfte *a* trägt. Das untere Ende ist dagegen steril und zu einer gekrümmten Platte verbreitert, welche den Eingang in den Röhrentheil der Blumenkrone verschliesst. Das ganze Connectiv ist um seine Anhaftungsstelle am Filement leicht drehbar. Schiebt eine Hummel ihren Rüssel in den Schlund der Blüthe, um zum Honig zu gelangen, so wird die Platte am Connectiv nach hinten gedrückt. In Folge dessen tritt der obere Theil des Connectivs unter der Oberlippe hervor in die durch die punktirte Linie angedeutete Lage. Die geöffneten



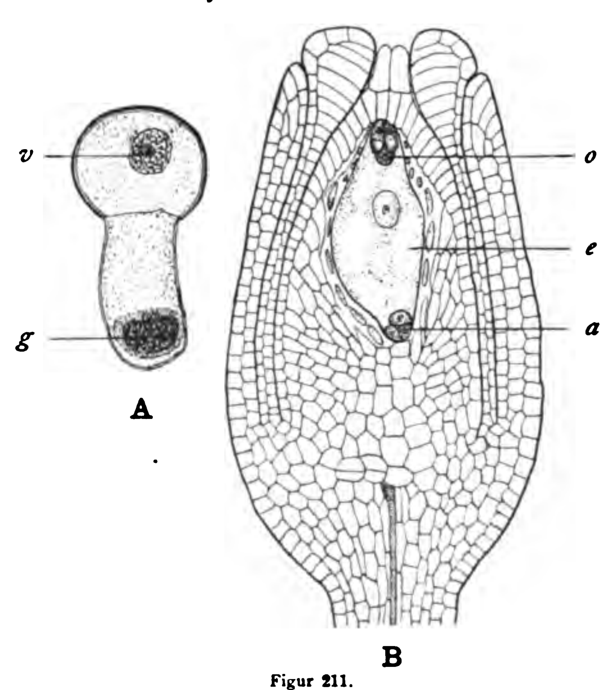
Figur 210.

A Blüthe von Epipactis von vorne gesehen. *p* Pollinarium, *r* Klebscheibe. **B** Vorderleib einer Wespe mit den auf der Stirn festgeklebten Pollinarien *p*. **C** Längsschnitt der Blüthe von Salvia. *f* Filament des Staubfadens, *a* Antherenhälfte, *p* Platte am Connectiv, *g* der noch nicht völlig entwickelte Griffel. Der Pfeil deutet die Richtung an, in welcher die Platte durch den Rüssel der Insekten verschoben wird. Die punktirte Linie zeigt die Stellung des Staubblattes beim Insektenbesuch.

Pollensäcke berühren dabei den behaarten Rücken des Insekts und bestäuben denselben mit Pollen. In den bestäubungsreifen Blüthen der Art ragt der Griffel weit unter der Oberlippe hervor, so dass die Hummeln beim Besuch der Blüthe denselben mit ihrem Rücken streifen und den dort abgelagerten Pollen auf die Narbe übertragen.

In der Pollenzelle der Angiospermen wird schon früh eine kleine generative Zelle abgetrennt. Dieselbe ist anfangs durch eine Plasmahautschicht von der vegetativen Zelle getrennt; diese Membran wird aber sehr bald aufgelöst, so dass dann die generative Zelle frei in dem Protoplasma der vegetativen Zelle liegt (Fig. 211 **A**). Die Pollenzelle treibt auf der Narbe des Fruchtknotens einen Pollenschlauch, welcher durch das Gewebe des Griffels bis in die Mikropyle der Samenanlage vordringt und das aus der generativen Zelle gebildete Sperma in die Nähe der Eizelle leitet.

In dem Verhalten der Pollenkörner besteht, wie man sieht, noch eine gewisse Aehnlichkeit mit den Erscheinungen, welche wir bei den Gymnospermen kennen gelernt haben; die Vorgänge im Embryosack dagegen, welche zur Ausbildung des Eies führen, sind von der Endosperm- und Archegoniumbildung in jener Pflanzengruppe wesentlich verschieden. In einem gewissen Jugendstadium (vergl. Fig. 105 **B**) stellt der Embryosack der Angiospermen eine plasmareiche Zelle mit einem einzigen Zellkern dar, welche von dem Gewebe des Nucellus von allen Seiten umhüllt wird. Der Embryosackkern theilt sich alsbald ohne dass gleichzeitig eine Zelltheilung erfolgte. Die Tochterkerne rücken auseinander zu den Enden des meist etwas gestreckten Embryosackes und erfahren dort noch zwei aufeinanderfolgende Theilungen, so dass endlich vier Kerne an jedem Ende des Embryosackes liegen. Je drei Kerne jeder Gruppe umgeben sich mit Protoplasma und die so entstandenen Energiden grenzen sich durch Ausbildung einer Hautschicht gegen einander und gegen den übrigen Inhalt des Embryosackes ab. Die übrigbleibenden zwei Kerne wandern in dem Plasma des Embryosackes zur Mitte und verschmelzen dort zu einem einzigen Kern, den man weiterhin als sekundären Embryosackkern bezeichnet (Fig. 211 **B**). Von den drei Zellen, welche an dem zur Mikropyle hin gerichteten Ende des Embryosackes gebildet wurden, ist die eine das Ei; die beiden andern werden als die Gehülfinnen oder Synergiden bezeichnet, sie spielen bei dem Vorgang der Befruchtung insofern eine Rolle, als sie den Uebertritt des Spermas aus dem Pollenschlauch in das Ei vermitteln. Die drei Zellen am entgegengesetzten Ende des Embryosackes bezeichnet man als die Antipoden. Sie scheinen rudimentäre Organe zu sein, vielleicht letzte Reste eines Prothalliums und haben für den Befruchtungsprozess keine weitere Bedeutung.



Figur 211.

A Keimendes Pollenkorn einer angiospermen Pflanze. *v* Zellkern der vegetativen Zelle. Die generative Zelle *g* ist an die Spitze des kurzen Pollenschlauches gerückt ($^{375}/_{1}$). **B** Längsschnitt durch eine befruchtungsreife, angiosperme Samenanlage. *e* Embryosack, *a* Antipoden, *o* Eizelle, welche theilweise von den Synergiden verdeckt wird ($^{150}/_{1}$).

Nachdem die Eizelle durch den Uebertritt des Spermas aus dem Pollenschlauch befruchtet und zu weiterem Wachsthum angeregt worden ist, gehen die Synergiden und die Antipoden zu Grunde, von dem Embryosackkern aber geht eine erneute Zellbildung aus. Derselbe theilt sich in viele Kerne, welche sich im Protoplasma des Embryosackes vertheilen, und durch freie Zellbildung wird alsbald der ganze Raum des Embryosackes, soweit er nicht von dem sich entwickelnden Embryo eingenommen wird, mit parenchymatischen Zellen erfüllt, in denen sich Nährstoffe ablagern. Das so gebildete Nährgewebe wird Endosperm genannt, es liefert die Nährstoffe für das Wachsthum des Embryos und wird entweder bei der Ausbildung des Samens gänzlich aufgebraucht, oder es bleibt theilweise bis zur Samenreife erhalten und liefert später bei der Keimung die erste Nahrung für die junge Pflanze.

Während der Ausbildung des Embryos und des Endosperms gewinnt der den Embryosack erfüllende Gewebekomplex meistens bedeutend an Umfang, wobei das umhüllende Gewebe des Nucellus zusammengedrückt wird und schwindet. Nur bei wenigen Pflanzen ist noch im reifen Samen ein grösserer Theil des Nucellargewebes als Perisperm erhalten. Die Integumente der Samenanlage bilden sich zur Samenschale aus.

Die Entwickelung der Eizelle zum Embryo geht meistens in der Weise vor sich, dass die Eizelle zunächst zu einem kurzen Zellfaden auswächst, welcher an seinem unteren von der Mikropyle abgewandten Ende in einen Zellkörper übergeht, ah welchen alsbald die Sprossspitze und die Anlage der ersten seitlichen Organe der Cotyledonen erkennbar wird. Der ausgereifte Same macht meist eine Ruheperiode durch und keimt später, indem der wachsende Embryo als Keimpflanze aus der zersprengten Samenschale hervortritt.

Die biologische Bedeutung der geschlechtlichen Fortpflanzung. — Die allgemeine Verbreitung, welche der durch die Zellverschmelzung charakterisirte Vorgang der geschlechtlichen Fortpflanzung im Pflanzenreiche sowohl als im Thierreiche besitzt, lässt uns schliessen, dass dieser Prozess von hoher Bedeutung für die Lebewesen sein muss.

Das Tochterindividuum ererbt von seinen Eltern gewisse Eigenschaften, welche bewirken, dass es den letzteren in Bau und Lebensverrichtung ähnlich wird. Als Träger dieser Vererbung ist die Substanz der Gameten, beziehungsweise die Substanz des Eies und der männlichen Sexualzelle anzusehen.

Die erblichen Anlagen, welche die beiden Sexualzellen von den Eltern mitbringen, gleichen sich nie vollkommen, ebenso wie ja auch die einzelnen Individuen einer Art niemals völlig gleich sind an Form und Ausbildung. Indem nun in dem Befruchtungsvorgang die Substanz der Sexualzellen und damit auch die von ihnen getragenen erblichen Eigenschaften sich mischen, findet ein Ausgleich der differenten Anlagen statt. Hervortretende Charaktereigenschaften, in denen die beiden Componenten sich abweichend verhalten, werden abgeschwächt, dagegen treten an dem Verschmelzungsprodukt, welches den Anfang des neuen Individuums bildet, diejenigen Eigenschaften deutlicher hervor, welche

beiden Componenten gemeinsam sind und welche die charakteristischen Merkmale der Art bilden.

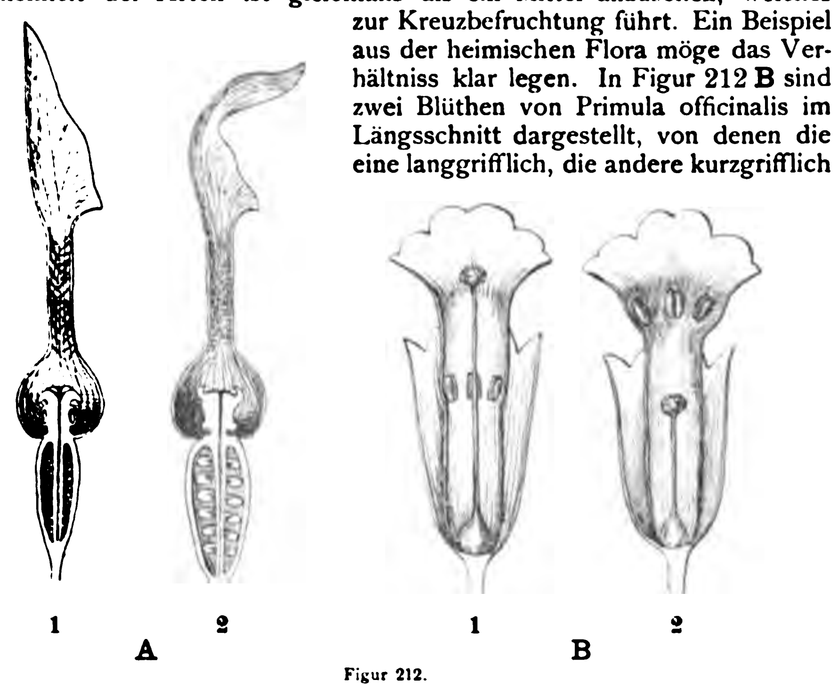
Indem also bei der geschlechtlichen Fortpflanzung die von den Sexualzellen getragenen erblichen Eigenschaften sich mischen, wird ein einseitiges, sprungweises Abweichen der Nachkommenschaft von dem Typus vermieden und damit das Bestehen und die stetige Weiterbildung der Art gesichert. Schon wenn die Sexualzellen von demselben Individuum erzeugt sind, wie das z. B. bei den copulirenden Gameten von Ulothrix, bei der Zygosporenbildung von Mucor u. a. m. der Fall ist, muss der Einfluss der Vermischung der Eigenschaften auf die Stetigkeit der Entwickelung sich geltend machen, noch mehr aber wird derselbe zur Wirkung kommen, wenn Kreuzbefruchtung eintritt, d. h. wenn die verschmelzenden Sexualzellen verschiedener Individuen derselben Art entstammen.

Eine weitverbreitete Einrichtung, welche die Kreuzbefruchtung zur ausnahmslosen Regel macht, ist die Vertheilung der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane auf verschiedene Individuen; Beispiele für dieses Verhalten finden wir in allen Pflanzengruppen. Man bezeichnet die Arten in dem Falle als diöcisch. Bei den Blüthenpflanzen wird der gleiche Erfolg, d. h. das Eintreten der Kreuzbefruchtung oft noch auf anderem Wege erreicht. Häufig sind die Narben und Antheren in den Zwitterblüthen so angeordnet, dass im normalen Verlauf der Dinge der Pollen überhaupt nicht auf die Narbe derselben Blüthe gelangen kann. Sehr oft entwickeln sich ferner in den Zwitterblüthen die männlichen und die weiblichen Geschlechtsorgane zu verschiedenen Zeiten. Man bezeichnet dieses Verhältniss als Dichogamie; die Blüthen sind dann entweder protandrisch oder protogyn.

In protandrischen Blüthen, für welche die auf Seite 233 beschriebene und abgebildete Blüthe von Salvia als Beispiel dienen kann, wird der Pollen schon gereift abgegeben, bevor die Narbe des Fruchtknotens empfängnissfähig geworden ist. Die protogynen Blüthen entwickeln die Narbe des Griffels vor der Pollenreife; als Beispiel möge die in Figur 212 **A** abgebildete Blüthe von Aristolochia Clematitis dienen. Die verwachsenblättrige Blüthenhülle ist unten kesselförmig erweitert, darüber bildet sie eine enge Röhre, welche am oberen Rande in einen zungenförmigen Lappen ausläuft. An der Innenwand entspringen zahlreiche, rückwärtsgerichtete Haare. Von den inneren Blüthentheilen entwickelt sich zuerst die Narbe; sie ist bereits empfängnissfähig, wenn die junge Blüthe sich öffnet. Wenn Fliegen, welche mit Pollen aus einer älteren Blüthe beladen sind, in die soeben geöffnete Blüthe eindringen, so wird ihnen der Weg zu dem Blüthenkessel durch die nach innen biegsamen Haare in der Röhre nicht versperrt, wohl aber verhindert der Haarbesatz die Insekten, auf dem gleichen Wege die Blüthe zu verlassen. Die Thiere sind für einige Zeit gefangen; bei ihren Bewegungen im Innern der Blüthe kommen sie mit der Narbe in Berührung und geben von dem mitgebrachten Pollen an dieselbe ab. Nach der Bestäubung rollen sich die Narbenlappen nach oben ein und die unter denselben der Griffelsäule angewachsenen Staubbeutel öffnen sich, um den reifen Pollen zu entlassen. Bei ihren Befreiungsversuchen werden die Insekten reichlich mit dem neuen Pollen

bepudert, bis endlich die Haare in der Schlundröhre verdorren und den Insekten den Ausweg frei geben. Kaum aus dem Gefängniss befreit, dringen die Fliegen aufs neue in frischgeöffnete Blüthen ein, in denen sich dann dasselbe Spiel wiederholt.

Bei einigen Pflanzenarten ist das Längenverhältniss zwischen Staubblättern und Griffeln der Blüthen nicht an allen Exemplaren das gleiche. Neben Pflanzen in deren Blüthen die Griffel die Staubfäden überragen, stehen andere derselben Art, in deren Blüthen die Narbe der Griffel tiefer steht als die Antheren. Diese als Heterostylie bezeichnete Eigenthümlichkeit der Arten ist gleichfalls als ein Mittel anzusehen, welches zur Kreuzbefruchtung führt. Ein Beispiel aus der heimischen Flora möge das Verhältniss klar legen. In Figur 212 **B** sind zwei Blüthen von Primula officinalis im Längsschnitt dargestellt, von denen die eine langgrifflich, die andere kurzgrifflich



Figur 212.

A Längsschnitt der protogynen Blüthe von Aristolochia Clematitis. 1. weibliches, 2. männliches Stadium (vergl. Text auf Seite 236). **B** Längsschnitt heterostyler Blüthen von Primula officinalis. 1. langgriffliche, 2. kurzgriffliche Form (vergl. Text auf Seite 237).

ist. Die Antheren stehen bei der ersteren tief im Grunde bei der letzteren dem obern Rand der Kronröhre genähert. Ein Insekt, welches seinen Rüssel in eine kurzgrifflige Blüthe einführt, wird von den am Schlunde der Blüthe stehenden Antheren nur ganz oben mit Pollen beladen. Besucht das Insekt auch fernerhin kurzgrifflige Blüthen, so kommt der aufgeladene Pollen niemals mit den tiefstehenden Narben in Berührung. Wohl aber findet die Bestäubung statt, sobald das Insekt zu einer langgriffligen Blüthe kommt. Umgekehrt findet auch der aus einer langgriffligen Blüthe aufgenommene Pollen nur für die Befruchtung einer kurzgriffligen Blüthe Verwendung.

Endlich sei von den Einrichtungen zur Sicherung der Kreuzbefruchtung noch die Selbsterilität mancher Blüthen erwähnt. Wenn in selbsterilen Blüthen auch der Pollen der eigenen Staubblätter auf die Narbe gelangt, so tritt doch keine Befruchtung ein, bisweilen keimen die Pollenkörner überhaupt nicht. Sobald aber Pollen aus einer andern Blüthe derselben Art auf die Narbe gelangt, tritt regelrechte Keimung der Pollenkörner und Befruchtung ein.

Die mannigfaltigen Einrichtungen zur Sicherung der Kreuzbefruchtung lassen erkennen, dass dieser Vorgang für viele Gewächse von Wichtigkeit ist, unumgänglich nöthig ist aber die Kreuzbefruchtung zur Ausbildung entwickelungsfähiger Samen nur in wenigen Fällen. Bei vielen Blüthen tritt Selbstbefruchtung ein, wenn die Kreuzbefruchtung ausgeblieben ist und für manche Blüthen ist sogar die Selbstbefruchtung die Regel. So finden sich z. B. bei manchen Veilchenarten neben den grossen sich öffnenden Blüthen, welche durch auffällige Färbung durch Honigabsonderung und durch die Form und Anordnung der Blüthentheile als Insektenblüthen mit obligatorischer Kreuzbefruchtung erscheinen, kleine unscheinbare Blüthen, welche stets geschlossen bleiben und deren Narbe also nur durch eigenen Pollen bestäubt werden kann. Diese kleinen Blüthen werden kleistogame Blüthen genannt; sie haben in manchen Fällen für die Fortpflanzung besondere Bedeutung. Während z. B. die grossen, duftenden, honigreichen Blüthen der Viola mirabilis meist unbefruchtet verwelken, entwickeln sich aus den im Sommer an derselben Pflanze auftretenden kleistogamen Blüthen fast ausnahmslos grosse Fruchtkapseln mit zahlreichen Samen.

Bei dem Transport des Pollens durch den Wind oder durch Thiere kann es nicht ausbleiben, dass gelegentlich der Pollen einer Pflanzenart auf die Narben einer andern Art übertragen wird. Das Verhalten des Pollens auf den fremden Narben kann dann ein sehr verschiedenes sein. In vielen Fällen keimen die fremden Pollenkörner überhaupt nicht, in andern Beispielen treiben dieselben wohl Pollenschläuche, diese gehen aber nach kurzer Zeit zu Grunde. Endlich kann aber auch und zwar nur zwischen nahe verwandten Pflanzenarten, durch den fremden Pollen eine Befruchtung herbeigeführt werden, welche zur Ausbildung von keimfähigen Samen den Anstoss gibt. Man bezeichnet diese sexuelle Vermischung zweier Arten als Bastardirung oder Hybridation. Die Bastarde, welche aus den durch Bastardirung erzeugten Samen erwachsen, zeigen eine Mischung der Eigenschaften beider Elternpflanzen. Häufig haben die Bastarde eine besonders kräftige Entwickelung ihrer vegetativen Organe, während das Vermögen zu geschlechtlicher Fortpflanzung geschwächt erscheint oder gänzlich fehlt. Besonders häufig schlagen die Staubblätter fehl, indem sie entweder gänzlich verkümmern, oder zu Blumenblätter umgewandelt werden. Der letztere Umstand wird von den Gärtnern vielfach benutzt, um gefüllte Blüthen zu erzielen. Uebrigens kommen neben den sexuell geschwächten Bastarden, auch solche mit voll erhaltener Sexualität vor.

In der freien Natur kommen Bastardbildungen trotz der häufigen Verschleppung von Pollen auf fremde Narben selbst zwischen solchen

Pflanzen, bei denen künstliche Bastardirung leicht gelingt, verhältnissmässig selten vor. Es beruht das darauf, dass neben dem fremden Pollen fast regelmässig auch der eigene Pollen der Art auf die Narbe gelangt. Der letztere ist dann aber durch seine vollkommenere Anpassung an die auf der Narbe gebotenen Verhältnisse so sehr bevorzugt, dass er in der Entwickelung vorauseilt und die Befruchtung ausführt, bevor der fremde Pollen mit seinen Pollenschläuchen die Samenanlagen erreicht. Als häufiger auftretende, wild wachsende Bastarde sind die Weidenmischlinge, die Bastarde von verschiedenen Verbascum-, Rosa-, Rubus- und Cirsium-Arten zu nennen.

Vereinzelte Pflanzen aus den verschiedenen Abtheilungen des Pflanzenreiches weichen insofern von dem normalen Verhalten ihrer nächsten Verwandten ab, als bei ihnen die als charakteristisches Merkmal bezeichnete Zellverschmelzung bei der Fortpflanzung nicht mehr stattfindet. Man bezeichnet diesen Verlust der Sexualität als Apogamie. Ein einfaches Beispiel bietet die weitverbreitete grüne Alge Chara crinita. Die Pflanze ist diöcisch, an weiblichen Exemplaren entwickeln sich zahlreiche Oogonien, deren Eizellen auch bei gänzlicher Abwesenheit männlicher Exemplare, ohne dass also das Eindringen eines Spermatozoids stattfindet, zu Oosporen werden und durch Keimung zur neuen Pflanze auswachsen. Unter den Farnen ist Apogamie bei Pteris cretica und wenigen andern nachgewiesen worden. Das Prothallium bildet hier keine Archegonien, sondern an deren Stelle wächst ein ungeschlechtlicher Embryo direkt aus dem Gewebe des Prothalliums hervor und entwickelt sich zur neuen Farnpflanze. Unter den Blüthenpflanzen sind gleichfalls Beispiele von Apogamie bekannt. In den Blüthenständen des Knoblauchs finden wir z. B. statt der Blüthen kleine zwiebelartige Brutknospen und in den Blüthenständen der Poa alpina entwickeln sich die Achsen der einzelnen Aehrchen, welche bei den verwandten Gräsern die Blüthen tragen, zu kleinen wenigblättrigen Laubsprossen, welche sich später von der Mutterpflanze loslösen und zu selbstständigen Stöcken heranwachsen.

Eine auffällige Abweichung von dem normalen Vorgang der geschlechtlichen Fortpflanzung ist endlich noch bei Funkia ovata, einer Liliacee und einigen Andern beobachtet worden. Hier werden die männlichen und weiblichen Sexualorgane normal ausgebildet und die Eizelle wird in regelrechter Weise durch einen Pollenschlauch befruchtet. Aber nicht das befruchtete Ei wird zum Embryo, sondern einige nahe bei der Mikropyle liegende Zellen des Nucellus beginnen zu sprossen und bilden Gewebekörper, welche sich in den Embryosack hineindrängen und zu Embryonen werden. In Folge dieses Vorganges finden sich hier stets mehrere Embryonen im reifen Samen vor, eine Erscheinung, die man als Polyembryonie bezeichnet.

Dritter Abschnitt.

Specielle Botanik.

Die specielle Botanik hat die Aufgabe, die einzelnen Pflanzen kennen zu lehren, Form, Zusammensetzung und Lebensweise derselben zu beschreiben und die einzelnen Pflanzenarten nach ihren Eigenschaften zu einem wissenschaftlichen System zusammenzuordnen. Man unterscheidet künstliche und natürliche Pflanzensysteme. In den ersteren werden die Pflanzen nach willkürlich gewählten Merkmalen zu Gruppen vereinigt. Das bekannteste künstliche System ist dasjenige von Linné, in welchem die Blüthenpflanzen als Phanerogamen nach der Zahl und Ausbildung ihrer Geschlechtsorgane in 23 Klassen vertheilt, während alle nicht blühenden Gewächse als Kryptogamen in der 24. Klasse vereinigt sind. Bei der Aufstellung natürlicher Systeme verfolgt man den Zweck, die Pflanzen nach ihrer natürlichen Verwandtschaft zu Gruppen zu vereinigen und diese Gruppen möglichst nach der Reihenfolge ihres entwickelungsgeschichtlichen Alters wie die Zweige eines Stammbaums aneinander zu stellen. Es gibt zur Zeit mehrere sogenannte natürliche Systeme, welche oft in wesentlichen Punkten von einander abweichen, ein Beweis, dass auch diese Systeme nicht ein unfehlbarer Ausdruck der in der Natur vorhandenen Verwandtschaftsverhältnisse der Pflanzen sind. Wer sich eingehender mit der speciellen Botanik beschäftigen will, wird nicht umhin können, die verschiedenen in Gebrauch befindlichen Systeme näher zu studiren. Für unsern Zweck genügt es, eine systematische Uebersicht der Hauptgruppen des Pflanzenreiches zu geben, welche, ohne an das Gedächtniss allzugrosse Anforderungen zu stellen, dem Anfänger ein Wegweiser durch das formenreiche Pflanzenreich sein kann und ihm gestattet, die in der Natur sich ihm darbietenden Einzelheiten in einen geordneten Zusammenhang zu bringen.

Wir theilen das Pflanzenreich in sechs Gruppen:

I. Thallophyta	(Seite 241),	IV. Gymnospermae	(Seite 283),
II. Bryophyta	(„ 268),	V. Monocotyledones	(„ 286),
III. Pteridophyta	(„ 277),	VI. Dicotyledones	(„ 293).

I. Die Thallophyten oder Lagerpflanzen.

Der Vegetationskörper ist ein ein- oder mehrzelliger Thallus, der bisweilen eine Gliederung in Wurzel und Spross erkennen lässt. Die Wurzeln sind aber stets ohne Wurzelhaube und eine Gliederung des Sprosses in Sprossachse und Blätter kommt ausser bei einigen Algen nicht vor. Das Gewebe der aus Zellkörpern bestehenden Thallophyten ist wenig differenzirt, Gefässbündel werden nirgends gebildet. Die Fortpflanzung erfolgt bei den niedersten Formen ausschliesslich auf ungeschlechtlichem Wege, bei den übrigen kommen daneben noch Zygosporenbildung, Oosporenbildung oder Karposporenbildung in allen Abstufungen und Uebergängen vor.

Die Gruppe der Thallophyten besteht aus zwei Abtheilungen: A. Algae (Algen), B. Fungi (Pilze). Als auffälligstes Unterscheidungsmerkmal zwischen diesen beiden formenreichen Abtheilungen können wir es ansehen, dass die Zellen der Algen Chlorophyll besitzen und also zur Assimilation befähigt sind, während die Pilze chlorophyllfrei sind und deswegen parasitisch oder saprophytisch leben. Das Vorhandensein oder Fehlen des Chlorophylls ist aber nur ein rein äusserliches, von biologischen Verhältnissen nicht unabhängiges Merkmal; in einzelnen Fällen werden wir deshalb, wenn Morphologie und Entwickelungsgeschichte eine nahe Verwandtschaft anzeigen, auch chlorophyllfreie Formen zu den Algen stellen müssen.

Als Anhang zu den Algen und Pilzen haben wir als dritte systematische Abtheilung der Thallophyten die Lichenes oder Flechten zu betrachten. Die Flechten sind keine einheitlichen Organismen, sondern ihr Vegetationskörper stellt die Vergesellschaftung eines Pilzes mit einer Alge dar.

A. Die Algen.

Die Algen sind meistens Wasserpflanzen oder Bewohner feuchter Orte; ihr Thallus ist ein- oder mehrzellig. Die Form und Gliederung der Vegetationsorgane ist sehr mannigfaltig, ebenso die Art der Fortpflanzung.

Wir unterscheiden sechs Reihen:

1. Schizophyceae (Seite 241),
2. Zygophyceae („ 244),
3. Chlorophyceae („ 247),
4. Phaeophyceae (Seite 250),
5. Rhodophyceae („ 251),
6. Characeae („ 252).

Erste Reihe: **Die Schizophyceen.**

Die Schizophyceen sind meist einzellig und häufig zu fadenförmigen, flächenförmigen oder körperlichen Colonieen von gleichwerthigen Zellindividuen verbunden. Seltener sind fadenförmige oder körperliche Individuen aus ungleichwerthigen Zellen. Der Zellinhalt ist wenig differenzirt, ein Zellkern von der bei allen übrigen Pflanzen typischen Gestalt und Ausbildung fehlt, ebenso besondere Farbstoffträger. Die Zellwand neigt zur Verquellung und Gallertbildung. Die Fortpflanzung erfolgt ausschliesslich

auf ungeschlechtlichem Wege, nämlich durch vegetative Zweitheilung. Daneben kommt bei manchen Formen Bildung von Dauersporen vor.

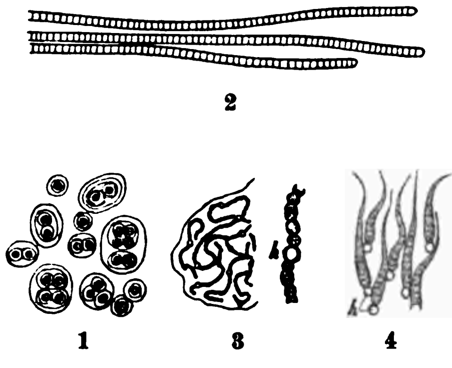
Hierher gehören zwei Ordnungen:

a) Cyanophyceae, b) Schizomycetes.

a) Die **Cyanophyceen** sind blaugrün oder schwärzlichgrün gefärbt, sie enthalten neben dem Chlorophyll noch einen blaugrünen Farbstoff, das Phycocyan. Beide Farbstoffe sind fast immer gleichmässig über den ganzen Zellinhalt vertheilt. Bei den fadenbildenden Formen erfolgt die Vermehrung der Zellen durch Zweitheilung, die Vermehrung der Fäden durch Fragmentation, indem Hormogonien gebildet werden.

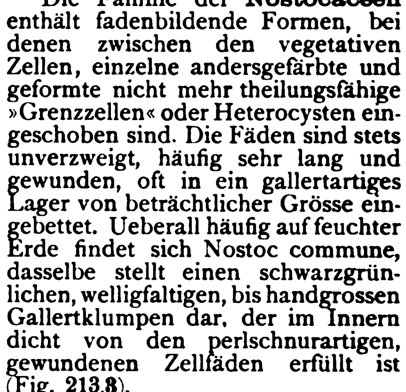
Familien: Chroococcaceae, Oscillariaceae, Nostocaceae, Scytonemaceae, Sirosiphonaceae, Rivulariaceae.

Die Familie der **Chroococcaceen** umfasst einzellige Formen, die entweder frei oder zu tafelförmigen oder klumpenförmigen Colonieen vereinigt sind; Fadenbildung kommt nicht vor. Einige Arten der hierher gehörenden Gattungen Gloeocapsa, Chroococcus u. a. bilden häufig dünne, schleimige, spangrüne, bisweilen auch violette oder rothe Ueberzüge auf Mauern, Felsen, Erde, Holz an feuchten Orten (Fig. 213,**1**).



Figur 213.

Cyanophyceen. **1** Gloeocapsa. **2** Oscillaria, Fadenstücke. **3** Nostoc, links Schnitt durch einen Teil einer Gallerte, rechts ein Fadenstück stärker vergrössert, *h* Heterocyste. **4** Rivularia, *h* Heterocysten.



Die **Oscillariaceen** sind cylindrische, selbstbewegliche Fäden aus durchweg gleichartigen, scheibenförmigen Zellen (Fig. 213,**2**).

Die Familie der **Nostocaceen** enthält fadenbildende Formen, bei denen zwischen den vegetativen Zellen, einzelne andersgefärbte und geformte nicht mehr theilungsfähige »Grenzzellen« oder Heterocysten eingeschoben sind. Die Fäden sind stets unverzweigt, häufig sehr lang und gewunden, oft in ein gallertartiges Lager von beträchtlicher Grösse eingebettet. Ueberall häufig auf feuchter Erde findet sich Nostoc commune, dasselbe stellt einen schwarzgrünlichen, welligfaltigen, bis handgrossen Gallertklumpen dar, der im Innern dicht von den perlschnurartigen, gewundenen Zellfäden erfüllt ist (Fig. 213,**3**).

Die Familie der **Rivulariaceen** umfasst die fadenbildenden Formen, deren Fäden am Grunde eine Heterocyste haben, am obern Ende aber allmählich in ein dünnes, farbloses Haar übergehen. Die Fäden bilden oft grössere in Gallerte eingeschlossene Colonieen; die Vermehrung erfolgt durch Dauersporen und Hormogonien. In Figur 213,**4** ist eine hierhergehörende Rivularia dargestellt.

b) Die **Schizomyceten** sind durchweg sehr kleine, einzellige Organismen von einfachstem Körperbau. Die Einzelzellen bleiben häufig zu Fäden verbunden, oft werden gallertartige Colonieen, die man als Zoogloeen bezeichnet, oder Kahmhäute auf der Oberfläche von Flüssigkeiten gebildet. Was die Gestalt der Zellen anbetrifft, so unterscheidet man Kugelformen oder Kokken, Kurzstäbchen oder Bakterien, Langstäbchen oder Bacillen, Schraubenformen oder Spirillen. Unter den Kokken

unterscheidet man nach der relativen Grösse Mikrokokken und Makrokokken. Bleiben die Kokken zu fadenförmigen Verbänden vereinigt, so bezeichnet man die Form als Streptococcus. Sind die Kokken nur unregelmässig zu lockeren Gruppen vereinigt, so heissen sie Staphylokokken. Bei der Sarcina-Form sind die nach drei Richtungen des Raumes sich theilenden Kokken regelmässig zu packetartigen Verbänden vereinigt. Die Schraubenformen werden, wenn sie lang ausgezogene Windungen haben, als Vibrionen bezeichnet, wenn aber die Windungen eng zusammengezogen und zahlreich sind, so nennt man die Form Spirochaete.

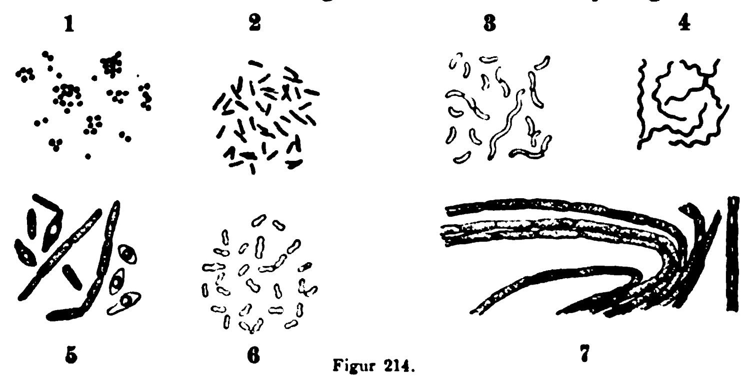
Manche Schizomyceten besitzen Cilien als Bewegungsorgane. Die Zellwand neigt zur Verquellung und Gallertbildung. Der Zellinhalt ist wie derjenige der Cyanophyceen ohne typischen Kern. Als durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal ist der gänzliche Mangel der bei den Cyanophyceen auftretenden Farbstoffe anzusehen.

Die Schizomyceten vermehren sich sehr ausgiebig durch Zweitheilung der Individuen. Sporenbildung ist nur beim kleineren Theil der Formen beobachtet worden. Bezüglich ihrer Ernährung sind die chlorophyllfreien Schizomyceten auf die Aufnahme organischer Nährstoffe angewiesen. Sie leben theils als Parasiten, theils als Saprophyten; sie vermögen durch ihren Ernährungsprocess in dem Substrat tiefgreifende Veränderungen hervorzurufen und werden dadurch zu Erregern von Seuche, Fäulniss oder Gährung.

Eine wissenschaftliche Systematik dieser kleinsten Lebewesen auf Grund der Verwandtschaftsverhältnisse existirt bisher nicht. Nach praktischen Gesichtspunkten kann man die folgenden vier Familien unterscheiden.

Familien: Coccaceae, Bacteriaceae, Leptothrichaceae, Cladothrichaceae.

Die Familie der **Coccaceen** umfasst die Formen, deren Zellen kugelig sind und keine Cilien besitzen. Hierher gehört der Micrococcus prodigiosus, welcher

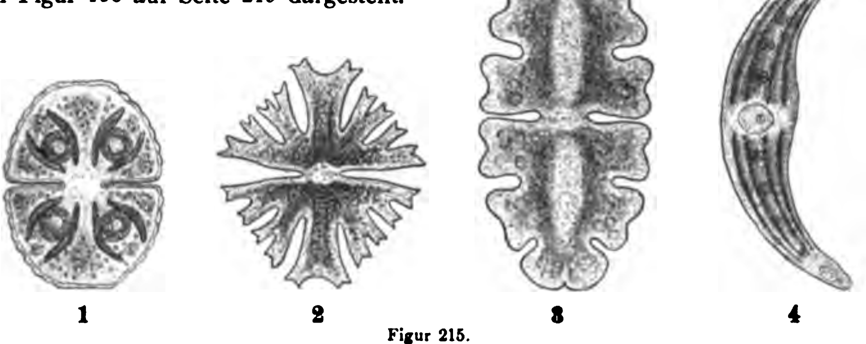


Figur 214.

Schizomyceten ($^{1000}/_{1}$). **1** Staphylococcus pyogenes aureus. **2** Tuberkelbacillen. **3** Spirillum Cholerae asiaticae. **4** Spirochaete Obermeieri. **5** Bacillus butyricus, einzelne Exemplare mit Sporen. **6** Diphtheriebacillen. **7** Bacillus Anthracis, rechts einige Zellen mit Sporen.

bisweilen auf gekochten, stärkemehlhaltigen und eiweisshaltigen Substanzen blutrothe Schleimtröpfchen bildet. Der in Figur 214,1 abgebildete Staphylococcus pyogenes aureus verursacht Eiterung im menschlichen Körper.

Die Familie der **Zygnemaceen** umfasst die fadenbildenden Conjugaten. Die Zellen der Fäden sind cylindrisch und fest mit einander verbunden. Die häufigsten Gattungen sind Spirogyra und Zygnema, von denen manche Arten im Frühling grosse frischgrüne Schlamminseln auf der Oberfläche unserer Gewässer bilden. Die Zygosporenbildung von Spirogyra ist in Figur 196 auf Seite 219 dargestellt.



Figur 215.

Conjugaten. 1 Cosmarium Botrytis. 2 Micrasterias Crux melitensis. 8 Euastrum oblongum. 4 Closterium moniliferum.

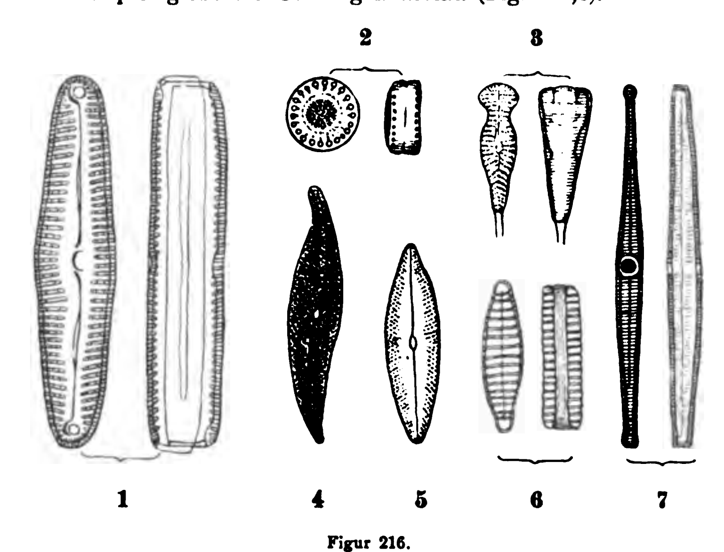
b) Die **Diatomaceen** sind dadurch ausgezeichnet, dass ihre körnigen oder plattenförmigen Chromotophoren ausser grünem Farbstoff noch einen braunen als Diatomin bezeichneten Farbstoff enthalten und dass in ihren Zellen keine Stärke als Assimilationsprodukt gebildet wird. Die Zellwände sind so von Kieselsäure durchdrungen, dass sie unvergänglich sind und selbst beim Glühen ein zusammenhängendes Skelett hinterlassen, welches genau den Umfang und die Form der lebenden Zellwand hat. Jede Zellhülle besteht aus zwei ungleichgrossen Schalen, welche wie der Deckel und der untere Theil einer Schachtel in einander geschoben sind. Man kann danach an jedem Individuum zwei Hauptansichten unterscheiden: die Schalenseite, welche eine Schale von der Fläche zeigt, und die Gürtelbandseite, an welcher die ineinandergeschobenen Ränder der beiden Schalen sichtbar sind (Fig. 216,**1**). Die Schalen sind mit zierlichen Skulpturen versehen. Bei der Zweitheilung behält jede Zellhälfte eine der Schalen und bildet zu derselben eine zweite innere Schale von gleicher Form aus. Daher kommt es, dass immer das eine der beiden bei der Theilung entstehenden Tochterindividuen um ein geringeres kleiner ist, als die Mutterzelle. Die eine der bei einer Theilung entstehenden Entwickelungsreihen muss also immerfort zu kleineren Individuen führen. Wenn aber die Zellen auf ein Minimum der Grösse herabgesunken sind, so werden in den typischen Fällen durch Kopulation zweier Zellen sogenannte Auxosporen gebildet. Die copulirenden Zellen umgeben sich mit einer Gallerthülle und werfen ihre Schalen ab. Aus dem verschmelzenden Protoplasmaleib beider Zellen werden dann eine oder zwei Auxosporen gebildet, welche auf die ursprüngliche Grösse heranwachsen und sich mit neuen Schalen umgeben. In vielen Fällen geht die Auxosporenbildung ohne Kopulation vor sich, indem zwei in einer Gallerte neben einander-

liegende Zellen ihre Schalen abwerfen und ohne zu verschmelzen, jede für sich zur Auxospore heranwachsen. Endlich kann auch eine einzelne Zelle nach Abwerfen der Schalen zur Auxospore werden.

Viele Diatomaceen leben frei und sind selbstbeweglich, einige sind mit Gallertstielen am Standort befestigt. Die unzerstörbaren Kieselschalen der Diatomaceen bilden an manchen Stellen der Erdoberfläche mächtige Lager; die als Kieselguhr bezeichnete Substanz findet verschiedenartige technische Verwendung.

Familien: Melosiraceae, Fragillariaceae, Cocconeïdeae, Cymbellaceae, Surirellaceae, Naviculaceae.

Die **Melosiraceen** haben körnige Farbstoffträger, ihre Schalenseite ist radiär, wie die in Fig. 216,**2** abgebildete Cyclotella zeigt. Auch bei den **Fragillariaceen** sind körnige Farbstoffträger vorhanden, die Schalen sind aber bilateral gebaut. Ein Beispiel giebt die Gattung Diatoma (Fig. 216,**6**).



Figur 216.

Diatomaceen (vergrössert). **1** Pinnularia viridis. **2** Cyclotella operculata. **3** Gomphonema constrictum. **4** Pleurosigma Aestuarii. **5** Navicula palpebralis. **6** Diatoma vulgare. **7** Synedra pulchella. Wo eine Art durch zwei Figuren dargestellt ist, ist links die Schalenseite, rechts die Gürtelbandseite gezeichnet.

Bei den übrigen vier genannten Familien ist der Farbstoff an plattenförmige Träger gebunden. Die **Cocconeïdeen** haben eine einzige schalenständige Platte. Die **Cymbellaceen** haben eine Platte, welche der Gürtelbandseite anliegt. Hierher gehört die in Fig. 216,**3** abgebildete Gattung Gomphonema, deren Individuen auf verzweigten Gallertstielen festsitzen. Bei den **Surirellaceen** sind zwei schalenständige Platten vorhanden. Die hierher gehörende Surirella Gemma wird wegen der feinen Struktur ihrer Schale als Prüfungsobjekt für Mikroskoplinsen verwendet. Auch die Gattung Synedra Fig. 216,**7** gehört zu dieser Familie.

Die **Naviculaceen** endlich haben zwei seitlich gestellte Farbstoffplatten. Hierher gehören die in Fig. 216,**1**, **4** und **5** abgebildeten Gattungen Pinnularia, Pleurosigma und Navicula. Pleurosigma angulatum wird, wie die obengenannte Surirella als Testobjekt für Mikroskope benützt.

Dritte Reihe: **Die Chlorophyceen.**

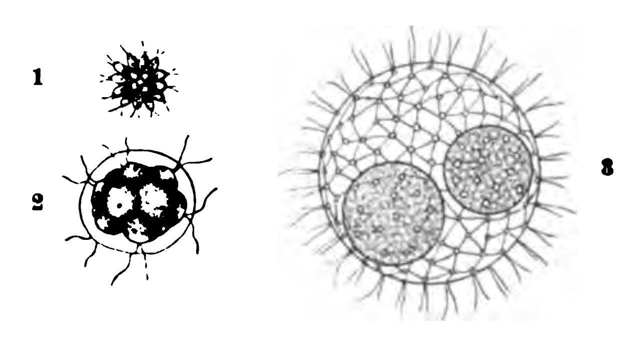
Neben einzelligen Formen finden sich Zellfäden und Zellflächen. Der Zellinhalt besitzt Zellkern und Farbstoffträger. Ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt durch Schwärmsporen. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist isogam oder oogam. Die männlichen Gameten sind birnförmig und tragen zwei Cilien an der Spitze.

Hierher gehören vier Ordnungen:

a) Volvocineae, b) Protococcoideae, c) Siphoneae, d) Confervaceae.

a) Die **Volvocineen** sind einzellig oder zu mehrzelligen Colonieen vereinigt. Die vegetativen Zellen sind durch den Besitz zweier Cilien ausgezeichnet, durch welche die Zellen oder Zellcolonien in Bewegung gehalten werden.

Die **Volvocineen** bilden eine gleichnamige Familie. Zu den einzeln lebenden Formen gehört Sphaerella nivalis, die Alge, welche im hohen Norden und auf den höheren Gebirgen die Erscheinung des rothen Schnees verursacht. Die bei uns häufiger auftretenden Gattungen Gonium und Pandorina bilden, erstere tafelförmige, letztere eliptische Colonien aus 16 gleichwerthigen Zellen. Die geschlechtliche Fortpflanzung erfolgt hier durch Gametencopulation. In der Gattung Volvox sind zahlreiche, oft mehrere tausend Zellen zu einer Colonie vereinigt, welche eine gallertartige Hohlkugel darstellt. Die Zellen sind ungleichwerthig, die meisten sind rein vegetativ und unfruchtbar, einige werden zu Oogonien mit je einer Eizelle, andere werden zu Antheridien, in denen 64 oder 128 kleine Spermatozoiden entstehen. Ausserdem sind einige besonders grosse Zellen in jeder Colonie vorhanden, welche auf ungeschlechtlichem Wege, durch einfache Theilung je eine neue Colonie bilden (Fig. 217).



Figur 217.

Volvocineen. **1** Gonium pectorale. **2** Pandorina Morum. **3** kleine Colonie von Volvox aureus mit zwei ungeschlechtlich entstandenen Tochtercolonien (nach Klein.) ($^{150}/_1$).

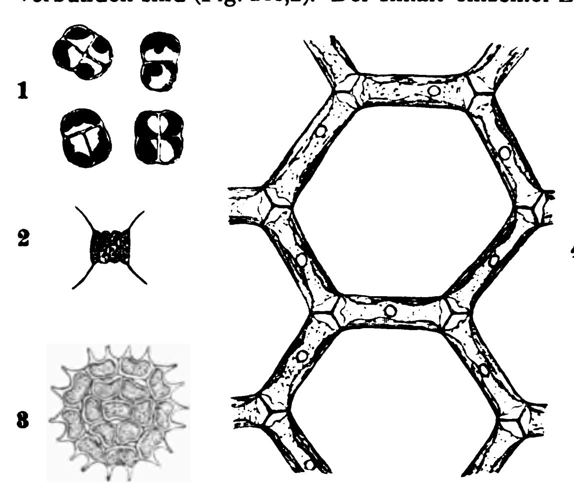
b) Die **Protococcoideen** schliessen sich den Volvocineen nahe an. Sie sind ebenfalls einzellige Algen, welche entweder einzeln leben, oder zu Familien verbunden sind. Sie besitzen indess im vegetativen Zustande keine Cilien, die geschlechtliche Fortpflanzung ist auch hier entweder isogam oder oogam.

Familien: Tetrasporaceae, Protococcaceae, Pleurococcaceae, Hydrodictyaceae.

Zur Familie der **Pleurococcaceen** gehört die überall häufige Gattung Pleurococcus. Pleurococcus vulgaris bildet grüne, krustig-staubige Ueberzüge an Baumstämmen und feuchten Mauern (Fig. 218,**1**).

Die Familie der **Hydrodictyaceen** ist gleichfalls überall durch einige

Gattungen vertreten. Scenedesmus quadricauda bildet 2- bis 16-zellige Colonien, deren eiförmige oder eliptische Zellen mit ihren Längsseiten zu einfachen Reihen verbunden sind (Fig. 218,2). Der Inhalt einzelner Zellen theilt sich in eine Anzahl von Sporen, welche sich schon im Innern der Mutterzelle zu einer neuen Colonie aneinanderlegen. Pediastrum bildet kreisrunde scheibenförmige Colonien, welche aus 4, 8, 16, 32 oder 64 Zellen bestehen (Fig. 218,3). Neue Colonien werden in ähnlicher Weise wie bei Scenedesmus gebildet. Hydrodictyon besteht aus cylindrischen mehrkernigen Zellen, welche zu vielen zu einem hohlen Netz, oft von mehreren Centimetern Länge verbunden sind. Neue Netze entstehen, indem der Inhalt einer Zelle zu zahlreichen Schwärmsporen wird, welche schon in der Mutterzelle zur Ruhe kommen und zu einem Netz zusammentreten. Die geschlechtliche Fortpflanzung geschieht durch Gametencopulation. Die Gameten, welche in grosser Zahl in einer Mutterzelle gebildet werden, schwärmen aus und copuliren paarweise. Die gebildete Zygospore entwickelt aus ihrem Inhalt 2—5 Schwärmsporen. Im Innern derselben bildet sich, wenn sie zur Ruhe gekommen sind, in ähnlicher Weise, wie bei der vegetativen Vermehrung der Colonien, ein neues Netz.



Figur 218.

Protococcoideen (vergrössert). 1 Pleurococcus. 2 Scenedesmus quadricauda. 3 Pediastrum. 4 Eine Masche aus dem Netz von Hydrodictyon reticulatum ($^{150}/_1$).

c) Die **Siphoneen** schliessen sich in ihren niedersten Formen an die Protococcaceen an. Der Thallus gewinnt oft beträchtliche Ausdehnung und ist bisweilen reich gegliedert, er besteht aber immer nur aus einer einzigen schlauchartigen Zelle mit vielen Zellkernen.

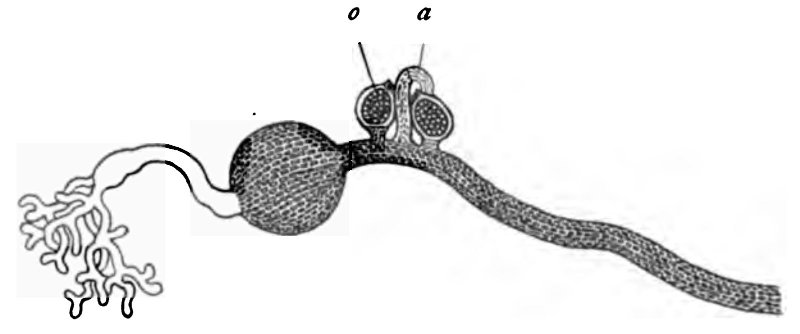
Familien: Botrydiaceae, Dasycladaceae, Bryopsidaceae, Codiaceae, Vaucheriaceae.

Zur Familie der **Botrydiaceen** gehört die kleine einheimische Grünalge Botrydium granulatum, welche in Fig. 1 und 189 abgebildet ist und deren ungeschlechtliche Fortpflanzung auf S. 212 geschildert wurde. Neben der Schwärmsporenbildung kommt bei Botrydium noch geschlechtliche Fortpflanzung durch Verschmelzung gleichgestalteter Schwärmgameten vor.

Die **Dasycladaceen, Bryopsidaceen** und **Codiaceen** sind Meeresalgen; zu den Bryopsidaceen wird die in Fig. 71 abgebildete Caulerpa prolifera gerechnet.

Die **Vaucheriaceen** haben einen fadenförmigen, unregelmässig verzweigten Thallus, der mit einem kurzen Haftorgan an der Unterlage befestigt ist. Die einzige Gattung ist Vaucheria, deren Arten theils im Wasser, theils rasenbildend auf feuchter Erde leben. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Schwärmsporen vermittelt, welche aus dem Inhalt einer durch Querwand abgegliederten Zelle an der Spitze einzelner Thallusäste durch Zellverjüngung entstehen. Die Schwärmsporen sind sehr gross, vielkernig und mit zahlreichen paarweise stehenden Cilien bedeckt. Sie wachsen, wenn sie zur Ruhe gekommen sind, direkt zum neuen Thallusfaden aus. Die Geschlechtsorgane sind Oogonien und Antheridien. Erstere sind kurze, kugelförmig angeschwollene Seitenäste des Thallus, deren Inhalt zu

einer Eizelle wird. Die Antheridien entstehen meist in unmittelbarer Nachbarschaft der Oogonien als Thallusäste, welche sich bei manchen Arten posthornartig krümmen. In dem oberen, durch eine Querwand abgetrennten Ende des



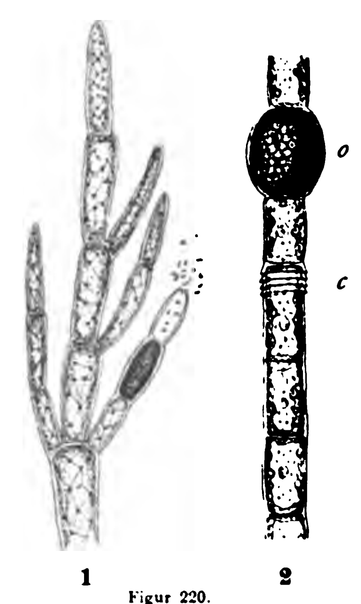
Figur 219.

Ein kleines Stück des Thallus von Vaucheria. *o* Oogonium, *a* Antheridium. (Nach Sachs.)

Antheridienastes entstehen zahlreiche kleine Spermatozoiden, welche ausschwärmen und durch eine im Oogonium entstandene Oeffnung zum Ei gelangen. Die Oospore macht vor der Keimung eine Ruheperiode durch.

d) Die **Confervaceen** sind mehrzellige Algen. Ihr Thallus ist ein einfacher oder verzweigter Zellfaden oder eine Zellfläche. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Schwärmsporen vermittelt, die geschlechtliche Fortpflanznng geht in den einfacheren Fällen durch Gametencopulation vor sich, bei den höheren Formen werden Eizellen gebildet, die durch Spermatozoiden befruchtet werden.

Familien: Ulvaceae, Ulothrichaceae, Cladophoraceae, Chaetophoraceae, Oedogoniaceae, Sphaeropleaceae, Coleochaeteae.



Figur 220.

Confervaceen. **1** Thallusast von Cladophora, rechts unten ein Seitenast, dessen Zellen Schwärmsporen bilden ($^{150}/_{1}$). **2** Fadenstück von Oedogonium. *o* Ein Oogonium, *c* die bei der eigenartigen Zelltheilung gebildeten Kappen. ($^{100}/_{1}$).

Die **Ulvaceen** bilden ein- oder zweischichtige Zellflächen oder schlauchartige Zellverbände. Die **Ulothrichaceen** sind unverzweigte Zellfäden, welche in der Regel an einer Unterlage festsitzen. Hierher gehört die auf Seite 217 und 218 besprochene und abgebildete Ulothrix zonata. Die **Cladophoraceen** bestehen aus verzweigten Zellfäden mit Spitzenwachsthum. In jeder Zelle sind zahlreiche Kerne vorhanden (Fig. 220,1). Manche Vertreter der Gattung Cladophora sind Meeresalgen, andere, wie Cladophora glomerata, bilden in süssem Wasser dichte fluthende Rasen. Die **Chaetophoraceen** bilden gleichfalls verzweigte Zellreihen, aber jede Zelle besitzt nur einen Zellkern. Die **Oedogoniaceen** sind einfache oder seltener

verzweigte Zellfäden. Die Zelltheilung geht in besonderer Weise vor sich, indem die alte Zellwand durch einen ringförmigen Riss in zwei ungleiche Theile zerlegt wird, zwischen denen sich ein neues Wandstück einschiebt. Inzwischen hat sich auch der Zellinhalt getheilt und durch eine Querwand getrennt. Die Fortpflanzung geschieht ungeschlechtlich durch Schwärmsporen, welche einen Kranz von Cilien um das hyaline Ende tragen; als Geschlechtsorgane treten Antheridien und Oogonien auf. Die keimende Oospore bildet zuerst 4 Schwärmsporen, welche zu neuen Fäden auswachsen. Die **Sphaeropleaceen** sind unverzweigte Zellfäden aus sehr langen cylindrischen Zellen. Die Befruchtung ist oogam. Die Oospore überwintert und bildet bei der Keimung Schwärmsporen. Bei den **Coleochaeteen** besteht der Thallus aus verzweigten Zellfäden, welche zu scheiben- und polsterförmigen Rasen vereinigt sind. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt durch Schwärmsporen. Die Geschlechtsorgane, Antheridien und Oogonien sind hoch entwickelt; letztere tragen einen als Empfängnissapparat dienenden Schlauchfortsatz. Hierher gehört die auf Seite 223 besprochene und abgebildete Coleochaete pulvinata.

Vierte Reihe: **Die Phaeophyceen.**

Neben mikroskopischen Formen mit fadenartigem Thallus kommen reichgegliederte Formen von bisweilen riesigen Dimensionen vor. Die höchstentwickelten Arten sind in Spross und Wurzel gegliedert und bisweilen wird der Spross durch nachträgliche Spaltung der Thallusfläche in einen achsenartigen Theil und blattähnliche Assimilationsflächen zerlegt. Die Zellen enthalten neben dem Chlorophyll einen braunen Farbstoff, das Phycophaeïn, welches die braune Färbung des Thallus verursacht.

Die Phaeophyceen sind Meeresalgen. Ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Schwärmsporen vermittelt, geschlechtliche Fortpflanzung ist nur bei einem Theil der hierher gehörenden Arten bekannt, sie steigt von der Copulation gleicher beweglicher Gameten durch alle Stufen zur Befruchtung eines unbeweglichen Eies. Die Schwärmsporen und die selbstbeweglichen Sexualzellen tragen die Cilien nicht an der Spitze, sondern seitlich an der Basis des hyalinen Endes der birnförmigen Körper. Die Verschmelzung der Gameten findet stets ausserhalb der Mutterpflanze statt.



Figur 221.

Laminaria digitata. (1/8)

Trotz der Mannigfaltigkeit der Formen und der Entwickelungsvorgänge lassen sich die Phaeophyceen zu einer einzigen Ordnung vereinigen.

Familien: Ectocarpaceae, Sphacelariaceae, Cutleriaceae, Laminariaceae, Fucaceae.

Die **Ectocarpaceen** haben einen fadenförmigen Thallus. Hierher gehört die Gattung Ectocarpus (vergl. Seite 221). Zu den **Sphacelariaceen** gehört das auf Seite 100 abgebildete Stypocaulon. Die **Cutleriaceen** haben einen mehrschichtigen, flächenförmigen Thallus mit Randwachsthum. Die Befruchtung ist auf Seite 221 bei der hierhergehörenden Gattung Zanardinia geschildert. Die **Laminariaceen** haben einen hochgegliederten Thallus. Auf einem wurzelähnlichen

Haftorgan erhebt sich ein cylindrischer Theil, welcher an seiner Spitze eine grosse, laubartige, einfache oder zertheilte Fläche trägt. An der Basis der Fläche ist ein theilungsfähiges Gewebe vorhanden, welches alljährlich eine neue Blattfläche erzeugt, während die vorjährige zu Grunde geht. Der cylindrische Stiel hat ein secundäres Dickenwachsthum. Einige Arten erreichen eine riesige Grösse; der Thallus von Macrocystis wird mehrere hundert Meter lang. Die Stiele von Laminaria digitata liefern die zu chirurgischen Zwecken verwendeten Stipites Laminariae. Geschlechtliche Fortpflanzung ist bei den Laminariaceen nicht bekannt. Die Familie der **Fucaceen** ist die höchst entwickelte. Der lederartige Thallus ist dichotom oder fiederartig verzweigt. Häufig sind an demselben regelmässige, blasenförmige Auftreibungen vorhanden, welche als Schwimmorgane dienen. Ungeschlechtliche Fortpflanzung ist unbekannt. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist oben auf Seite 222 an dem Beispiel von Fucus geschildert worden Als häufig vorkommende Art möge noch Sargassum bacciferum genannt werden, das in allen Meeren grosse schwimmende Inseln aus losgerissenen Exemplaren bildet.

Fünfte Reihe: **Die Rhodophyceen oder Florideen.**

Die einfachsten Formen sind verzweigte Zellreihen, bisweilen kommt eine Gewebebildung durch Verschmelzung ursprünglich getrennter Aeste zu Stande. Bei andern ist der Thallus eine Zellfläche oder ein strang- oder flächenartiger Gewebekörper, der sich bei manchen Formen vielfach verästelt. In allen Fällen wird das Spitzenwachsthum durch eine Scheitelzelle vermittelt. Der Zellinhalt führt einen rothen Farbstoff, das Phycoërythrin, welcher den grünen Farbstoff verdeckt. In Folge dessen erscheinen die Florideen im frischen Zustande meist roth oder violett gefärbt, seltener sehen sie schmutziggrün oder schwärzlich aus. Die meisten Florideen leben im Meere, oft in beträchtlicher Tiefe, einige wenige sind Süsswasserbewohner.

Ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch unbewegliche Sporen vermittelt, welche oft zu vier in einem Sporangium entstehen, sie heissen dann Tetrasporen. Die geschlechtliche Fortpflanzung erfolgt durch Karposporenbildung. Die männlichen Geschlechtsorgane sind Antheridien, welche Spermatien erzeugen. Das weibliche Geschlechtsorgan ist ein Procarp mit einem fadenförmigen Empfängnissapparat, dem Trichogyn.

Die Florideen bilden eine einzige Ordnung.

Familien: Bangiaceae, Nemaliaceae, Cryptonemiaceae, Rhodymeniaceae, Gigartinaceae.

Zur Familie der **Nemaliaceen** gehört die Gattung Nemalion, deren Befruchtungsvorgang auf Seite 224 geschildert worden ist. Häufiger vorkommende Süsswasseralgen, welche derselben Familie angehören, sind Batrachospermum und Lemanea. Zu den **Rhodymeniaceen** gehört Lejolisia mediterranea, von welcher ein Zweigstück mit Tetrasporen in Figur 191 abgebildet ist. Die Familie der **Gigartinaceen** enthält einige Algenarten, welche unter dem Namen »Carrageen« oder »irländisch Moos« dem Arzneischatz angehören, nämlich Gigartina mamillosa und Chondrus crispus, welche beide an den Küsten Westeuropa's besonders bei Irland eingesammelt werden. Arten



Figur 222.

Gigartina mamillosa.

von Gigartina liefern neben anderen Algen auch das aus Japan und China bei uns eingeführte Agar-Agar, welches zur Herstellung fester Nährböden für Bakterienkulturen verwendet wird.

Sechste Reihe: **Die Characeen.**

Die Characeen bilden eine engumgrenzte, scharf charakterisirte Reihe. Ihr Vegetationskörper ist ein bewurzelter, aufrechter Spross mit Scheitelwachsthum. Der Spross ist regelmässig in Knoten und Internodien gegliedert. An jedem Knoten entspringt ein Quirl von Blättern, welche ein begrenztes Wachsthum besitzen. Der Spross verzweigt sich monopodial aus den Knoten. In den Zellen des Sprosses und der Blätter sind ein Zellkern und zahlreiche wandständige Chlorophyllkörper vorhanden, welche der Pflanze eine frischgrüne Farbe geben. Eine ungeschlechtliche Vermehrung kann durch Fragmentation erfolgen, indem isolirte Knoten des Sprosses sich bewurzeln und einen neuen Spross erzeugen. Als Geschlechtsorgane treten an den Blättern Antheridien und Oogonien auf. Die in ersteren gebildeten Spermatozoiden sind schraubenförmig gewunden und tragen zwei Cilien an der Spitze. Die Eizelle des Oogoniums ist durch dicht angeschmiegte Aeste, welche unterhalb der Eizelle entspringen, berindet. Bei der Keimung der Oospore entwickelt sich zuerst ein einfach gebauter Vorkeim, an dem die neue Pflanze als seitlicher Ast entsteht.

Die Characeen bilden nur eine einzige Familie mit wenigen Gattungen.



Figur 223.

A Sprossstück von Chara contraria. **B** Ein Stengelknoten, von dem die Blätter bis auf eines fortgeschnitten sind. (schwach vergrössert.) An dem Blatt stehen Oogonien und Antheridien.

Die artenreichsten und verbreitetsten Gattungen der Familie der **Characeen** sind Chara und Nitella; sie unterscheiden sich durchweg dadurch, dass das aus den Spitzen der Berindungsäste gebildete Krönchen auf dem Gipfel des Oogoniums bei Chara aus 5, bei Nitella aus 10 Zellen besteht. Die Internodien des Stengels und die Blätter von Nitella sind stets unberindet, während sie bei Chara meist ganz oder theilweise von Zellschläuchen, welche aus den Knoten entspringen, in verschiedener Weise berindet werden. Chara fragilis und Chara foetida sind überall in Süsswassertümpeln anzutreffen.

B. Die Pilze.

Mit Ausnahme der Schleimpilze, welche aus nackten Protoplasmamassen bestehen, und abgesehen von einigen niedern Formen, ist der Vegetationskörper der Pilze aus verzweigten Fäden zusammengesetzt, welche als Hyphen bezeichnet werden. Die Gesammtheit der Hyphen,

welche sich in oder auf dem Nährboden ausbreiten, heisst das Mycelium oder kurz das Mycel des Pilzes. Bisweilen werden durch Verflechtung der Hyphen pseudoparenchymatische Gewebekörper gebildet. Die Zellen der Pilze besitzen typische Zellkerne im Protoplasma und eine Zellwand aus Pilzcellulose. Entsprechend dem Chlorophyllmangel sind die Pilze entweder Saprophyten oder Parasiten.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Sporen oder Conidien vermittelt, erstere sind bei einigen Formen mit Cilien versehen und selbstbeweglich, meistens aber unbeweglich. Geschlechtliche Fortpflanzung ist nur in der Gruppe der Phycomyceten bekannt. Dieselbe besteht in Zygosporen- oder Oosporenbildung durch Verschmelzung unbeweglicher Gameten.

Wir unterscheiden vier Reihen:

1. Myxomycetes (Seite 253), 3. Ascomycetes (Seite 257),
2. Phycomycetes („ 255), 4. Basidiomycetes („ 260).

Erste Reihe: **Die Myxomyceten oder Schleimpilze.**

Der Vegetationskörper der Schleimpilze ist ein Plasmodium, d. h. eine zellwandlose Protoplasmamasse, welche sich unter steter Formänderung kriechend in und auf dem Substrat bewegt. In dem körnigen Protoplasma sind zahlreiche Zellkerne zerstreut. Geschlechtliche Fortpflanzung ist nicht vorhanden. Die Entwickelungsgeschichte ist von derjenigen aller übrigen Pflanzen wesentlich verschieden. Die Sporen sind kugelige Zellen mit fester Wand. Aus den keimenden Sporen gehen meist Schwärmer hervor, welche sich mittelst einer Cilie bewegen. Nach dem Verlust der Cilie gehen die Schwärmer in einen amöbenartigen Zustand über; die als Myxamöben bezeichneten Körper bewegen sich unter Pseudopodienbildung. Sie wachsen unter Aufnahme organischer Nährstoffe und vermehren sich durch vegetative Zweitheilung. Später kriechen die Myxamöben zusammen und bilden ein Plasmodium. Von dem Plasmodium werden neue Sporen gebildet, indem entweder die ganze Plasmamasse in rundliche Zellen zerfällt, oder indem aus dem Plasmodium zapfen- oder kapselartige Sporangien entstehen, an oder in denen die Sporen gebildet werden. In den kapselartigen Sporangien ist neben den Sporen häufig noch ein Knäuel von einzelnen oder netzartig verbundenen Strängen vorhanden, welches Capillitium genannt wird.

Man unterscheidet drei Ordnungen:

a) Acrasieae, b) Phytomyxinae, c) Myxogasteres.

a) Die **Acrasieen** bilden eine kleine Abtheilung, deren Arten sich von den übrigen Myxomyceten dadurch wesentlich unterscheiden, dass die zum Plasmodium zusammentretenden Myxamöben nicht vollkommen verschmelzen, sondern gewissermassen nur einen Amöbenhaufen bilden. Man bezeichnet zum Unterschied von den durch Verschmelzung der Amöben gebildeten Fusionsplasmodien der ubrigen Myxomyceten den Vegetationskörper der Acrasieen als Aggregatplasmodium. Die Sporen sind nicht in Sporangien eingeschlossen, sondern bilden nackte, ballenartige

Anhäufungen, welche bei manchen Arten von zelligen Stielen getragen werden. Aus den Sporen entwickelt sich bei der Keimung direkt eine Myxamöbe.

Familien: Guttulinaceae, Dictyosteliaceae.

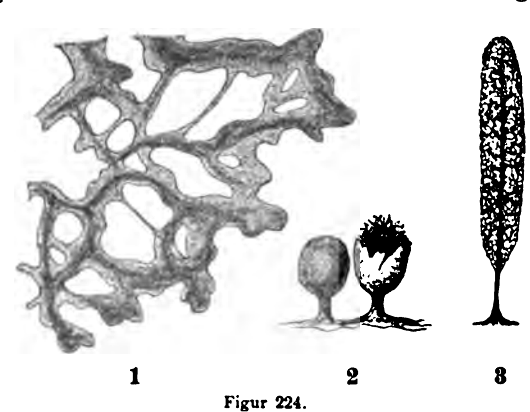
b) Die **Phytomyxinen** sind Parasiten, welche in lebenden Pflanzenzellen schmarotzen. Ihr Vegetationskörper ist ein Fusionsplasmodium. Bei der Sporenbildung zerfällt das Plasmodium in zahlreiche rundliche Körperchen, welche sich mit einer festeren Membran umgeben. Die Phytomyxinen bilden eine einzige Familie.

Erwähnenswerth ist die zu der Familie der **Phytomyxinen** gehörige Plasmodiophora Brassicae, welche in den Parenchymzellen der Wurzeln des Kohls lebt und an der Pflanze die als Kohlhernie oder Kropf des Kohls bezeichnete, vernichtende Krankheit hervorruft.

c) Die **Myxogasteres** bilden bei weitem die grösste Ordnung unter den Schleimpilzen. Sie leben saprophytisch. Die Vegetationskörper sind Fusionsplasmodien. Aus denselben werden zu Ende der Vegetationsperiode Fruchtkörper gebildet, welche zahlreiche von einer strukturlosen Hüllmembran, der Peridie, umschlossene Sporen enthalten. Seltener entstehen die Sporen äusserlich an den Fruchtkörpern; sie werden gegenüber den im Innern der Sporangien gebildeten Endosporen als Ektosporen bezeichnet.

Familien: Ceratomyxaceae, Liceaceae, Cribrariaceae, Clatroptychiaceae, Trichiaceae, Reticulariaceae, Stemonitaceae, Brefeldiaceae, Spumariaceae, Didymiaceae, Physaraceae.

Die Familie der **Ceratomyxaceen** ist durch die Ektosporenbildung ausgezeichnet. Die zur Familie der **Trichiaceen** gehörigen Gattungen Trichia und Arcyria haben keulen- oder köpfchenförmige, wenige Millimeter hohe Sporangien mit meist auffällig gelb oder roth gefärbten Sporen, zwischen denen ein zierliches Capillitium vorhanden ist. Auch die überall häufige Lycogala, deren kugelige Fruchtkörper bisweilen Haselnussgrösse erreichen, gehört zu den Trichiaceen. Die zur Familie der **Stemonitaceen** gehörige Gattung Stemonitis gehört gleichfalls zu den weitverbreiteten, häufiger vorkommenden Schleimpilzen. Die bis zu 1,5 cm langen Sporangien sind cylindrisch und werden von einem schlanken Stiel getragen, der sich als Säulchen in das Sporangium fortsetzt. Von dem Säulchen entspringen zahlreiche, vielverzweigte und mit einander verbundene Capillitiumfäden, welche als ein engmaschiges Netzwerk nach der Sporenausstreuung zurückbleiben und dem entleerten Sporan-



Figur 224.

1 Stück eines Plasmodiums von Didymium (350/1). 2 Sporangien von Trichia varia (20/1). 3 Entleertes Sporangium von Stemonitis fusca (4/1).

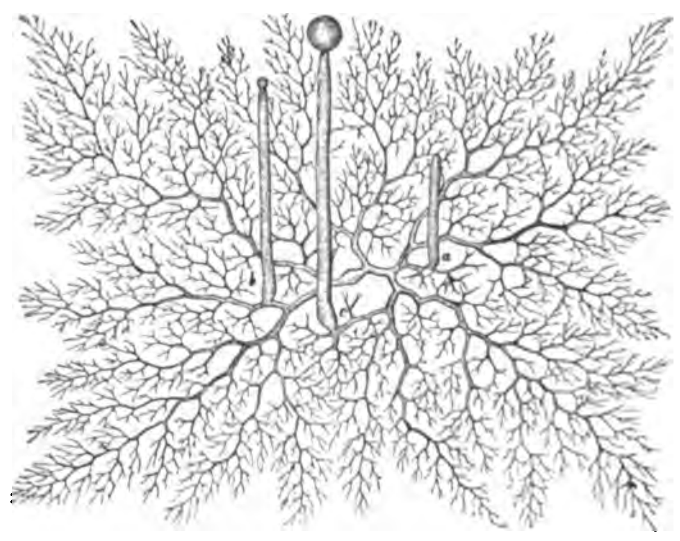
gium ein sehr zierliches Ansehen verleihen. Zu den **Physaraceen** gehört das in Lehrbüchern oft erwähnte Aethalium septicum (Fuligo varians), welches auf Gerberlohe allverbreitet ist und grosse chromgelbe, als Lohblüthe bezeichnete Plasmodien besitzt. Die Sporangien der Lohblüthe sind zu breiten kuchenartigen Platten, sogenannten Aethalien oder Plasmocarpien fest verschmolzen und enthalten ein starkes, fädig netzförmiges Capillitium.

Zweite Reihe: **Die Phycomyceten oder Algenpilze.**

Der Vegetationskörper, das Mycel, wird von einer reichverzweigten Hyphe gebildet, welche nicht in einzelne Zellen gegliedert ist, der Inhalt enthält zahlreiche Zellkerne. Die meisten Formen sind Saprophyten, einige davon leben im Wasser untergetaucht auf zerfallenden organischen Stoffen. Eine Anzahl lebt parasitisch im Gewebe höherer Pflanzen. Ungeschlechtliche Fortpflanzung wird bei einigen durch Schwärmsporen, bei den meisten durch unbewegliche Sporen oder durch Conidien vermittelt. Die geschlechtliche Fortpflanzung beruht auf der Verschmelzung unbeweglicher Gameten und ist entweder isogam oder oogam. Danach unterscheidet man zwei Ordnungen:

a) Zygomycetes, b) Oomycetes.

a) Die **Zygomyceten** haben keine Schwärmsporen. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Conidien oder durch unbewegliche



Figur 225.

Ein junges Exemplar von Mucor. *a b c* Sporangienäste in verschiedenen Entwickelungsstadien.

Sporen vermittelt, welche sehr zahlreich in gestielten Sporangien erzeugt werden. Die geschlechtliche Fortpflanzung, die Zygosporenbildung, kommt meist in der freien Natur nicht gerade häufig vor. Bisweilen verschmelzen die ausgebildeten Gametenäste nicht miteinander, sondern jeder, oder einer

von ihnen, wird direkt zur Spore, die in ihrer Ausbildung und in ihrem Verhalten von den echten Zygosporen nicht verschieden ist. Man bezeichnet derartige Gebilde als Azygosporen.

Familien: Mucorineae, Mortierelleae, Chaetocladiaceae, Piptocephalideae.

Die Familie der **Mucorineen** enthält in der Gattung Mucor einige Arten, z. B. Mucor Mucedo und M. stolonifer., welche schimmelbildend auf allerhand organischen Körpern, auf Brot, Kartoffeln, Fruchtsäften etc. auftreten. Einige Arten können in zuckerhaltigen Flüssigkeiten Alkoholgährung erzeugen. Die Sporenbildung von Mucor ist auf Seite 213, die Zygosporenbildung auf Seite 218 dargestellt worden. Zu den Mucorineen gehört auch der in botanischen Instituten häufig zu physiologischen Versuchen verwendete Phycomyces nitens, welcher aus Amerika zu uns gekommen ist, und der auf Seite 200 besprochene Pilobolus. Arten von Chaetocladium und Piptocephalis, welche den nach ihnen benannten Familien der **Chaetocladiaceen** und **Piptocephalideen** angehören, leben als Parasiten auf den Hyphenästen grösserer Mucorineen.

b) Die **Oomyceteen** pflanzen sich ungeschlechtlich durch Schwärmsporen, unbeweglichen Sporen oder durch Conidien fort. Die geschlechtliche Fortpflanzung wird durch Oosporenbildung bewirkt. Normaler Weise werden die in Oogonien gebildeten Eizellen von einem Antheridienast aus befruchtet. Sehr häufig ist Apogamie vorhanden, indem entweder der von dem Antheridienast gebildete Befruchtungsschlauch geschlossen bleibt, oder indem überhaupt kein Befruchtungsschlauch gebildet wird. Die unbefruchteten Eizellen entwickeln sich in diesen Fällen gleichwohl zu Sporen, welche mit den Oosporen gleiche Ausbildung und gleiches Verhalten zeigen.

Familien: Entomophthoreae, Chytridiaceae, Peronosporeae, Saprolegniaceae.

Figur 226.

Theil vom Querschnitt eines von Phytophthora bewohnten Kartoffelblattes. An der Unterseite des Blattes wächst aus einer Spaltöffnung ein Conidienträger des Pilzes hervor. (150/1.)

Die Familie der **Entomophthoreen** bildet bezüglich der geschlechtlichen Fortpflanzung einen Uebergang zwischen den Zygomyceten und Oomyceten. Hierher gehört der Fliegenschimmel, Empusa Muscae, welcher im Herbst eine Epidemie unter den Stubenfliegen verursacht. Der Körper der befallenen Fliegen wird vom Mycel des Pilzes durchwuchert. Einzelne Myceläste treten aus der Körperoberfläche hervor und schnüren je eine spitzkugelförmige Conidie ab, welche bei der Reife fortgeschleudert wird, wodurch andere in die Nähe kommende Fliegen inficirt werden.

Zur Familie der **Peronosporeen** gehören einige Schmarotzerpilze, welche oft die Wirthspflanzen erheblich schädigen. Von besonderem Interesse sind diejenigen Arten, welche Kulturpflanzen befallen. Von ihnen möge der Verursacher der Kartoffelkrankheit, Phytophthora infestans, als Beispiel angeführt werden. Das Mycel überwintert in kranken Kartoffelknollen und dringt im Frühling in die sich entwickelnden Laubtriebe ein. Aus den Spaltöffnungen der Kartoffelblätter wachsen baumartig verzweigte Myceläste hervor, welche Conidien abschnüren (Fig. 226). Durch die letzteren wird die Erkrankung auf andere Kartoffelpflanzen übertragen. Als gefährliche Parasiten sind ferner

zu nennen Phytophthora omnivora, welche die Keimlinge vieler Pflanzen befällt und vernichtet, ferner viele Arten der Gattung Peronospora. Sehr häufig ist überall als Schmarotzer auf Cruciferen, besonders auf Capsella Bursa pastoris, Cystopus candidus zu finden, welcher unter der Epidermis der Wirthspflanze grosse, schwielig aufgetriebene, weisse, glänzende Conidienlager entwickelt. Zu der Familie gehört auch die Gattung Pythium, deren Oosporenbildung auf Seite 220 beschrieben worden ist.

Die **Saprolegniaceen** leben im Wasser auf toten Thieren oder Pflanzenresten; bisweilen werden sie auch als Schmarotzer auf jungen Fischen in Fischbrutanstalten gefunden. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt sehr ausgiebig durch Schwärmsporen. Hierher gehörige Gattungen sind Saprolegnia und Achlya.

Dritte Reihe: **Die Askomyceten oder Schlauchpilze.**

Der Vegetationskörper besteht mit vereinzelten Ausnahmen aus Hyphen, welche bei einigen frei bleiben, bei andern zu dickeren Strängen oder flachen, krustenartigen Körpern verwebt sind. Geschlechtliche Fortpflanzung ist nicht vorhanden. Die Träger der ungeschlechtlichen Fortpflanzung sind Sporen, welche gewöhnlich in bestimmter Anzahl meist zu 8 durch freie Zellbildung im Innern von keulen- oder kugelförmigen Sporangien entstehen. Die Sporangien werden als Asci (in Einzahl als Askus), die Sporen als Askosporen bezeichnet. Die Asci entstehen bei den niedersten Formen direkt an den freien Mycelfäden, die höheren Askomyceten bilden Fruchtkörper aus, in oder an denen die Asci in grösserer Zahl auftreten. Bei manchen Askomyceten sind neben den Askosporen noch Conidien bekannt.

Hierher gehören drei Ordnungen:

a) Hemiasci, b) Exoasci, c) Carpoasci.

a) Die **Hemiasci** sind auf einer niederen Entwickelungsstufe stehende Pilze, denen zum Theil eine Hyphenbildung vollkommen fehlt. Die Sporangien sind kugel- oder schlauchförmige Zellen, deren Inhalt durch freie Zellbildung Sporen in unbestimmter Anzahl erzeugt.

Familien: Protomycetes, Saccharomycetes.

Zu den **Protomyceten** gehört der überall häufige Protomyces macrosporus, welcher an Stengel, Blattstielen und Blattnerven von Aegopodium Anschwellungen verursacht. Das in den Anschwellungen vorhandene Mycel des Pilzes bildet zahlreiche dickwandige Dauerzellen, welche überwintern und im nächsten Frühling bei der Keimung sofort ein askusartiges Sporangium mit vielen Sporen erzeugen.

A Figur 227. B

Saccharomyces cerevisiae. A Vegetative Zellen. B Ascosporenbildung.

Die **Saccharomyceten** oder Hefepilze bestehen aus rundlichen Zellen, welche fortgesetzt sich durch Sprossung vermehren. Die Zellen leben einzeln oder sie bleiben in kurzen Sprossverbänden bei einander; ein typisches Mycel wird nie gebildet. Die Sporangien unterscheiden sich äusserlich nicht von den vegetativen Zellen. Aus ihrem Inhalt entstehen zwei bis sechs kugelige Sporen mit dicker Membran. Die mit einem Sammelnamen

als Saccharomyces cerevisiae bezeichneten Bierhefepilze werden bei der Bierbereitung zur Hervorrufung der Alkoholgährung in dem zuckerhaltigen Malzauszug verwendet. Saccharomyces ellipsoideus und andere bewirken in dem ausgepressten Traubensafte die Weinbildung.

b) Die **Exoasci** bilden keine eigentlichen Fruchtkörper, die Sporenschläuche, welche meistens je acht Sporen enthalten, stehen nackt und frei an den Mycelfäden.

Familie: Gymnoasci.

Von den zu der Familie der **Gymnoasci** gehörigen Pilzen sind am bemerkenswerthesten die Taphrina- und Exoascusarten. Dieselben leben parasitisch im Gewebe höherer Pflanzen und rufen häufig an dem Vegetationskörper des Wirthes auffällige Veränderungen hervor. So verursacht z. B. Exoascus deformans die als Hexenbesen bezeichnete Missbildung an Kirschbäumen. Bekannt und weit verbreitet ist auch Exoascus pruni, welcher die als Narren-, Hungerzwetschen oder Schusterpflaumen bezeichnete Missbildung der Früchte von Prunus domestica verursacht. Andere Arten wie Exoascus flavus, E. betulae etc. erzeugen Blattfleckenkrankheiten an den von ihnen bewohnten Pflanzen.

c) Die **Carpoasci** bilden pseudoparenchymatische Fruchtkörper aus, in oder an denen die meist achtsporigen Asci stehen. Die Gewebeschicht, welche die Sporenschläuche enthält, wird Hymenium genannt. Gewöhnlich sind in dem Hymenium zwischen oder neben den Asci noch zahlreiche haarförmige Fäden enthalten, welche man als Saftfäden oder Paraphysen bezeichnet (Fig. 191 **B**). Neben der Askosporenbildung haben viele Arten noch Conidienbildung, häufig werden die Conidien an eigenen Fruchtkörpern gebildet, welche frei an den Hyphenästen stehen oder wie die Schlauchfrüchte dem zu einem dichten Stroma verwobenen Mycel eingesenkt sind.

Familien: Perisporiaceae, Pyrenomycetes, Discomycetes.

Die **Perisporiaceen** sind dadurch ausgezeichnet, dass die Sporenschläuche im Innern vollkommen geschlossener Fruchtkörper, sogenannter Perithecien, gebildet werden. Bei den hauptsächlich der Gattung Erysiphe angehörenden Mehlthaupilzen, welche als Schmarotzer auf den Blättern höherer Pflanzen schimmel- oder mehlartige Ueberzüge bilden, sind die Perithecien punktkleine, schwarze oder braune, oft mit zierlichen Anhängseln versehene Kügelchen, welche einen oder mehrere oft achtsporige Schläuche enthalten. Die ebenfalls hieher gehörigen Trüffelpilze, welche meist unterirdisch im Waldboden leben, haben dagegen fleischige, knollenförmige Fruchtkörper, die über ein Kilo schwer werden können. Unter den Trüffelpilzen gehören Arten der Gattung Tuber, besonders Tuber aestivum, T. mesentericum, T. brumale, T. melanosporum zu den feinsten Speisepilzen. Zu den Perisporiaceen werden auch die Gattungen Eurotium und Penicillium gestellt, von denen einige Arten zu den verbreitetsten Schimmelpilzen gehören. Die Fortpflanzung durch Askosporen tritt bei diesen Formen sehr zurück gegen die Conidienbildung. Die Conidien werden an pinselförmig verzweigten Myceläs ten in reichster Menge abgegliedert, wie es in Fig. 192 **A** für Penicillium abgebildet ist.

Bei den **Pyrenomyceten** sind die Sporenschläuche gleichfalls in einen Fruchtkörper eingeschlossen, die Wand des Fruchtkörpers, die Peridie, besitzt aber oben eine feine Oeffnung, durch welche die reifen Sporen in's Freie gelangen. Die einzelnen Fruchtkörper oder Perithecien stehen bei einigen Formen unmittelbar auf dem Mycel, meist aber sind sie in einem vom Mycel gebildeten polster- oder keulenförmigen Stroma eingesenkt. Neben der Askosporenbildung kommt häufig Conidienbildung vor. Als Beispiel möge Claviceps purpurea, der Pilz des officinellen Mutterkorns, Secale cornutum, angeführt werden (Fig. 228). Das

eigentliche Mutterkorn, die schwarzen hornartigen Körper, welche vereinzelt an Stelle von Fruchtknoten in den Roggenähren stehen, sind aus pseudoparenchymatisch verwobenen Hyphen des Pilzes gebildet, sie stellen ein Dauermycelium, ein sogenanntes Sklerotium dar, welches bei der Getreideernte auf den Erdboden gelangt und unverändert überwintert. Im Frühling wachsen aus den Sklerotien röthliche hutpilzähnliche Stromata hervor, in deren kugeligen Köpfchen zahlreiche Perithecien eingesenkt sind. Die in den Perithecien gebildeten Asci enthalten je acht fadenförmige Sporen, welche, wenn sie bei der Reife ausgeschleudert werden und auf junge Roggenpflanzen gelangen, zu einem neuen Mycel heranwachsen, welches die ganze Wirthspflanze durchwuchert und bis zu den Anlagen der Fruchtknoten gelangt. Dort dringen die Hyphen aus der Oberfläche hervor und überziehen die ganze Fruchtanlage mit dichtem Gewebe, dessen Aussenfläche von senkrechtstehenden kurzen Aesten gebildet wird. Die letzteren erzeugen an ihrer Spitze zahlreiche Conidien, welche von Insekten auf andere Fruchtknoten übertragen werden und dort neue Infektion erzeugen. Später geht der Pilz wieder in das anfangs erwähnte Sklerotienstadium über.

B

A C

Figur 228.

Claviceps purpurea. **A** Roggenähre mit einem Sklerotium. **B** Ein Sklerotium mit Pilzkörperchen. **C** Längsschnitt durch ein Köpfchen, in dessen Oberfläche die flaschenförmigen Perithecien eingesenkt sind. Die Asci in den letzteren sind nicht mit gezeichnet. (Nach Tulasne.)

Die **Diskomyceten** haben scheiben-, schüssel-, becher- oder kreiselförmige Fruchtkörper, welche Apothecien genannt werden. Das Hymenium überzieht in grösserer oder geringerer Ausdehnung die innere, bezw. die obere Seite der Apothecien. Auch hier sind vielfach Nebenfruchtformen mit Conidienbildung vorhanden. Die häufigen Arten der Gattung Peziza haben fleischige oder wachsartige, schüsselförmige Apothecien. Einige von ihnen sind als Verursacher krebsartiger Baumkrankheiten berüchtigt. Zu den stattlichsten Discomyceten gehören die Morcheln, von denen einige den Gattungen Morchella (Fig. 229) und Helvella angehörende Arten als schmackhafte Speiseschwämme geschätzt werden.

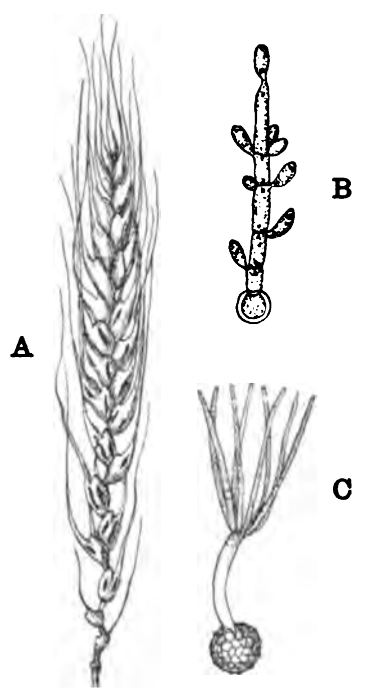


Figur 229.

Morchella conica.

Vierte Reihe: **Die Basidiomyceten.**

Der Vegetationskörper ist ein aus Hyphen gebildetes Mycel. Geschlechtliche Fortpflanzung fehlt und ebenso die Ausbildung von Sporen. Träger der Fortpflanzung sind Conidien, welche in verschiedener Form und Ausbildung auftreten. Bei den typischen Formen werden die Conidien in bestimmter Zahl an keulenförmigen Stielzellen, den Basidien abgegliedert. Die Basidien stehen sehr selten einzeln, meist sind sie an der Oberfläche von pseudoparenchymatischen Fruchtkörpern oder im Innern derselben zu dichten Lagern vereinigt. Die von ihnen gebildeten Conidien werden häufig als Basidiensporen bezeichnet. Bei manchen Basidiomyceten werden neben einander verschiedene Arten von Conidien ausgebildet.

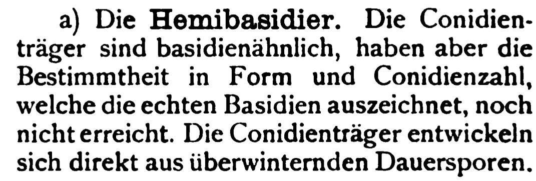


Figur 230.

A Eine von Ustilago befallene Aehre von Hordeum distichum. **B** Keimende Dauerspore von Ustilago, welche einen Conidienträger gebildet hat. **C** Keimende Dauerspore von Tilletia mit Conidienträger.

Wir unterscheiden vier Ordnungen:

a) Hemibasidii, c) Hymenomycetes,
b) Protobasidii, d) Gastromycetes.



a) Die **Hemibasidier.** Die Conidienträger sind basidienähnlich, haben aber die Bestimmtheit in Form und Conidienzahl, welche die echten Basidien auszeichnet, noch nicht erreicht. Die Conidienträger entwickeln sich direkt aus überwinternden Dauersporen.

Familie: Ustilagineae.

Die **Ustilagineen** leben parasitisch auf höheren Pflanzen, vorzugsweise auf den Getreidearten und anderen Gräsern. Sie werden mit einem gemeinsamen Namen allgemein als Brandpilze bezeichnet; ihre Dauersporen, welche in der Regel als schwarze Staubmassen einzelne deformirte Organe der befallenen Pflanze erfüllen, werden Brandsporen genannt. Häufigste und gefährlichste Gattungen sind Ustilago und Tilletia (Fig. 230). Bei ersterer werden die Conidien seitlich an dem einen mehrzelligen Faden bildenden Conidienträger abgeschnürt, bei letzterer sind die Conidien kranzartig an dem Gipfel des einzelligen Conidienträgers vereinigt. Verschiedene Arten von Ustilago verursachen die als Flugbrand bezeichnete Krankheit des Weizens, der Gerste, des Hafers und mancher Wiesengräser. Tilletia Caries verursacht den Schmierbrand des Weizens, die äusserlich unveränderten Körner enthalten im Innern ein braunschwarzes, stinkendes Pulver, welches von den Dauersporen des Pilzes gebildet wird.

b) Die **Protobasidier.** Die Conidienträger sind entweder quer oder längs getheilt, jede Theilzelle der Basidie bildet eine Conidie. Bei manchen Arten sind mehrere Nebenfruchtformen bekannt.

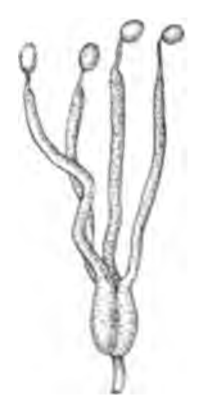
Familien: Uredineae, Auriculariae, Pilacreae, Tremellineae.

Die **Uredineen** oder Rostpilze haben freie, quergetheilte Basidien, welche sich direkt aus keimenden Dauersporen entwickeln. Bei den meisten Rostpilzen sind verschiedene Nebenfruchtformen bekannt, welche bisweilen in dem Entwickelungsgang der Individuen eine wichtige Rolle spielen. Als Beispiel möge die überall verbreitete Puccinia graminis angeführt sein, welche Rostkrankheit des Getreides verursacht (Fig. 231). Im Frühjahr erscheinen auf den Blättern des Sauerdorns, Berberis vulgaris, orangerothe Flecken, aus denen bald kleine, urnenförmige Pilzfrüchte hervorbrechen, in denen von kurzen Hyphenästen zahlreiche Conidien abgeschnürt werden. Diese Fruchtform wird als das Aecidium des Pilzes bezeichnet. Neben den Aecidien kommt auf denselben Blattflecken noch eine andere Conidien bildende Fruchtform, die Spermogonien, vor, über deren Bedeutung für die Fortpflanzung des Pilzes nichts bekannt ist. Die Aecidiensporen entwickeln, wenn sie auf ein Grasblatt gelangen, ein in das Blattgewebe eindringendes Mycelium, aus dem nach einiger Zeit ein rostbraunes Conidienlager erzeugt wird, welches unter der Epidermis des befallenen Blattes hervorbricht. Diese Fruchtform heisst Uredo, die hier gebildeten Conidien werden als Uredosporen bezeichnet. Sie keimen sofort und können die Infection auf andere Graspflanzen übertragen. Gegen Ende des Sommers oder im Herbst erzeugt das Mycelium des Pilzes auf den Grasblättern Dauersporen, welche Teleutosporen genannt werden. Dieselben sind bei Puccinia aus zwei keimfähigen Zellen zusammengesetzt, andere Uredineen haben einzellige oder drei- oder mehrzellige Teleutosporen. Die Teleutosporen überwintern und keimen im nächsten Frühling, indem sie quergegliederte Basidien erzeugen, an welchen auf kurzen Sterigmen die Basidiosporen entstehen. Die letzteren rufen wieder an Berberisblättern die Blattflecken mit Aecidien hervor. Die merkwürdige Erscheinung, dass die verschiedenen Entwickelungsformen des Pilzes verschiedene Pflanzen bewohnen, wird als Wirthswechsel bezeichnet; sie findet sich bei verschiedenen Uredineen, kommt aber auch in anderen Pilzgruppen vor.

Figur 231.

Puccinia graminis. **A** Theil vom Querschnitt eines vom Pilz befallenen Blattes von Berberis vulgaris. An der Unterseite sind zwei Aecidien, oben sind zwei Spermogonien getroffen. **B** Uredosporen. **C** Eine Teleutospore. **D** Gekeimte Teleutospore; der Keimschlauch bildet eine quergegliederte Basidie mit seitlichen Sterigmen (vergrössert).

Puccinia Rubigo vera verursacht den Weizenrost, das Aecidium lebt auf Ackerunkräutern aus der Familie der Asperifoliaceen. Der besonders häufig auf Blättern cultivirter Rosenstöcke auftretende Rost wird von Phragmidium rosarum verursacht. Alle Entwickelungsstadien leben auf derselben Wirthspflanze. Die Teleutosporen sind walzenförmig, 5- bis 10-zellig. Die Gattung Uromyces mit einzelligen Teleutosporen liefert gleichfalls manche Schmarotzer auf Culturpflanzen, z. B. Uromyces pisi, U. betae, U. phaseolorum, U. viciae fabae u. a. m.



Figur 232.

Längsgetheilte Basidie von Tremella. ($^{480}/_{1}$ nach Brefeld.)

Ein häufiger Vertreter der Familie der **Auricularieen** ist die Auricularia sambucina, das Judasohr, welche ohrmuschelähnliche, schwarzbraune Fruchtkörper an alten Hollunderstämmen entwickelt. Die Basidien sind hier gleichfalls quergetheilt. Bei den **Tremellineen** ist die Basidie durch zwei aufeinander senkrechte Wände der Länge nach in vier Zellen getheilt, deren jede ein Sterigma mit einer Conidie entwickelt (Fig. 232). Die Mycelien der Tremellineen leben meist in Holz, ihre gallertartigen, zitternden Fruchtkörper treten bei feuchtem Wetter hervor.

c) Die **Hymenomyceten** oder Hautpilze. Bei den Hymenomyceten mit Ausnahme der Tomentellaceen, sind die Basidien zu einer Hautschicht, Hymenium, vereinigt, welche die freie Oberfläche verschieden gestalteter Fruchtkörper überzieht. Die Basidien sind einzellig und meist mit vier Sterigmen mit je einer Basidiospore versehen.

Familien; Tomentellaceae, Clavariaceae, Dacryomycetaceae, Telephoraceae, Hydnaceae, Polyporeae, Agaricineae.

Die Familie der **Clavariaceen** ist durch aufrechte, einfache oder ästig verzweigte Fruchtkörper ausgezeichnet, welche an ihrer ganzen Oberfläche mit dem Hymenium überzogen sind. Die Arten der Gattungen Clavaria und Sparassis, deren geweihähnlich verzweigte Fruchtkörper oft fussbreite Rasen auf dem Waldboden bilden, sind meist essbar und schmackhaft.

Die **Telephoraceen** besitzen gleichfalls ein glattes Hymenium, welches nicht an bestimmt geformte Hervorragungen des Fruchtkörpers gebunden ist, sondern die Unterseite des gestielten oder sitzenden hut- oder trichterförmigen Fruchtkörpers überzieht. Häufiger in Wäldern vorkommend, ist Craterellus cornucopioides, die Totentrompete.



Figur 233.
Agaricus campestris.

Die **Hydnaceen** sind an der Unterseite ihres Fruchtkörpers mit Stacheln oder Warzen versehen, welche mit der Hymenialschicht bedeckt sind. Einige Arten der Gattung Hydnum, z. B. Hydnum repandum und H. imbricatum, werden gegessen.

Die **Polyporeen** haben an der Unterseite des Fruchtkörpers grubige oder röhrenförmige Vertiefungen, deren Innenwände mit dem Hymenium ausgekleidet sind. Zu dieser Familie gehört der den Feuerzunder liefernde, als Fungus Chirurgorum officinelle Polyporus fomentarius. Derselbe lebt als Parasit besonders in Rothbuchen, aus deren Stämmen die consolartigen, grossen Fruchtträger hervorwachsen. Essbar sind mehrere Arten der Gattung Boletus, vor allen wird der Steinpilz, Boletus edulis als schmackhaft geschätzt. Andere Boletusarten, z. B. Boletus Satanas und luridus sind giftig. Der in feuchtem Holz saprophytisch lebende Merulius lacrymans kommt auch im Balkenwerk feuchter Gebäude vor und zerstört dasselbe; er ist deswegen unter dem Namen Hausschwamm sehr gefürchtet.

Die **Agaricineen** oder Blätterschwämme tragen an der Unterseite des schirmartigen Fruchtkörpers radial angeordnete, blattartige Lamellen, welche mit dem Hymenium überzogen sind. Unter den zahlreichen Arten der Familie

ist der Champignon, Agaricus campestris, als Speiseschwamm am bekanntesten (Fig. 233). Agaricus melleus, der Hallimasch, ist ein Schwarotzer auf Waldbäumen, besonders Kiefern und Fichten, die er zum Absterben bringt. Sein Mycel dringt von der Wurzel her in den Baum ein und bildet in der Rinde fest verflochtene, wurzelähnliche, schwarze Stränge, welche als Rhizomorpha bezeichnet werden und früher für eine eigene Pilzgattung gehalten wurden. Zu den häufiger auf den Markt gebrachten Speiseschwämmen gehört auch Cantharellus cibarius, der Pfifferling, bei dem die Lamellen weit am Stiel herablaufen. Als giftig wird vor anderen der in unseren Wäldern sehr häufige Fliegenpilz, Amanita muscaria, gefürchtet, dessen Fruchtkörper einen schön corallenrothen Hut mit weissen Tupfen und schneeweisse Lamellen hat.

d) Die **Gastromyceten.** Das Hymenium liegt im Innern der verschiedengestalteten meist grossen fleischigen Fruchtkörper. Das äussere Hyphengewebe der Fruchtkörper bildet eine festere oft aus mehreren Schichten zusammengesetzte Hülle, welche als Peridie bezeichnet wird. Dieselbe umschliesst ein weicheres Hyphengewebe, die Gleba, dessen Höhlungen mit der Hymenialschicht ausgekleidet sind. Bei der Sporenreife, öffnet sich die Peridie in verschiedener Weise, die Gleba löst sich auf und entlässt die Basidiensporen. Bisweilen bleiben Reste der Gleba zwischen den Sporen erhalten und bilden ein als Capillitium bezeichnetes wolliges Netzwerk.

Familien: Phallaceae, Nidulariaceae, Lycoperdaceae, Hymenogastraceae.

Der zur Familie der **Phallaceen** gehörende Gichtschwamm unserer Wälder, Phallus impudicus (Fig. 234,1), hat kugelrunde, weisse Fruchtträger von der Grösse eines Hühnereies. Die dicke, dreischichtige Peridie öffnet sich später an der Spitze und die zerfliessende Gleba wird auf einem sich schnell streckenden weissen Stiel hervorgeschoben. Durch den leichenartigen Geruch des Pilzes werden Aasfliegen angelockt, welche die klebrigen Sporen verbreiten.

Die **Nidulariaceen** sind kleinere, zierliche Pilze. Die Peridie öffnet sich becherartig, die einzelnen Kammern der Gleba werden durch Auflösung des zwischen ihnen liegenden Gewebes isolirt, so dass sie als linsenförmige Körperchen, sogenannte Peridiolen, im Grunde des von der Peridie gebildeten Bechers liegen. Als Beispiel möge Crucibulum vulgare, eine häufiger vorkommende Art genannt sein (Fig. 234,2).

Figur 234.

Gastromyceten. 1 Phallus. 2 Crucibulum. Rechts ein halbirtes Exemplar. 3 Lycoperdon.

Bei den **Lycoperdaceen**, zu denen die überall vertretenen Gattungen Bovista und Lycoperdon (Fig. 234,3) gehören, öffnet die Peridie sich unregelmässig mit einem Loch an ihrem Scheitel, um die Sporen zu entlassen. Bei der Gattung Geaster zerreisst die äussere Schichte der Peridie in vier oder mehr Klappen, welche sich in Folge ihrer Hygroscopicität bei trockenem Wetter zurückschlagen, bei feuchtem Wetter aber zusammenschliessen. Die innere Schichte, welche das Capillitium und die Sporen einschliesst, öffnet sich unregelmässig am Gipfel.

Bei den **Hymenogastraceen** öffnet sich die Peridie nicht, die Sporen werden durch Zerfall der Hülle frei, ein Capillitium wird nicht gebildet. Hierher gehören einige seltene, unterirdisch lebende Pilzarten von meist trüffelähnlichem Habitus. Rhizopogon rubescens wird in manchen Gegenden statt echter Trüffeln verkauft und gegessen.

Anhang. Die Flechten.

Die Flechten oder Lichenen sind keine einheitlichen Organismen, sie werden gebildet durch die Vergesellschaftung eines Pilzes und einer Alge, welche miteinander in Symbiose leben. Dementsprechend besteht ihr verschieden geformter Vegetationskörper aus einem Geflecht von Pilzhyphen, in welches Algen eingestreut sind. Die Algenzellen werden als Gonidien der Flechte bezeichnet. Die in Betracht kommenden Pilze gehören meist zur Abtheilung der Askomyceten, seltener zu den Basidiomyceten; man kann danach Askolichenen und Basidiolichenen unterscheiden. Die Algen, welche als Componenten am Aufbau des Flechtenkörpers theilnehmen können, gehören zu den Cyanophyceen und Chlorophyceen. Die Vermehrung erfolgt durch Fragmentation, indem kleine Partieen des Pilzmycels mit einigen Algenzellen von dem Flechtenkörper losgelöst werden und sich selbständig weiter entwickeln; die sich loslösenden Theile werden Soredien genannt. Daneben kommt noch eine Sporenbildung zu Stande, welche von den Fortpflanzungsorganen des Pilzes ausgeht. Die Sporenschläuche oder die Basidien sind meistens zu einem Hymenium vereinigt, welches die Oberfläche oder den inneren Hohlraum eines Apotheciums oder Peritheciums bedeckt. Als Nebenfruchtform treten häufig bei den zu den Askomyceten gehörigen Flechtenpilzen noch Conidienfrüchte auf, in welchen zahlreiche stabförmige Conidien gebildet werden, über deren Schicksal nichts Näheres bekannt ist. Die Sporenbildung der in den Flechten lebenden Algen ist durch die Symbiose gänzlich unterdrückt. Nach der Natur der flechtenbildenden Pilze können wir vier systematische Reihen unterscheiden, von denen die beiden ersten zu den Askolichenen, die letzten zu den Basidiolichenen gehören:



Figur 235.

Usnea barbata.

1. Discolichenes (Seite 264), 3. Hymenolichenes (Seite 267),
2. Pyrenolichenes „ 267), 4. Gastrolichenes „ 268).

Erste Reihe: Die Diskolichenen.

Diese Flechten sind dadurch ausgezeichnet, dass die in ihnen auftretenden Pilze zu den Diskomyceten gehören. Die Apothecien sind infolge-

dessen napf- oder scheibenförmig, oder sie bilden lange, strichförmige Streifen von Hymenium, welches von früh an frei ausgebreitet ist. Man trennt die Discolichenen in zwei Ordnungen:

a) Heteromerici, b) Homoeomerici

a) Die **heteromeren Diskolichenen** haben die Gonidien in ihrem Vegetationskörper in einer der Oberfläche parallelen Schicht angeordnet, während die äusserste Hyphenschicht, die Rinde, und der innere Gewebecomplex, das Mark, von Gonidien frei sind. Der Vegetationskörper hat meist eine charakteristische Gestalt, man unterscheidet nach der Wuchsform Strauchflechten, Laubflechten und Krustenflechten. Bei den Strauchflechten ist der Thallus ein stift- oder strauchartiges Gebilde, welches sich frei von der Unterlage erhebt. Die Laubflechten bilden ein laubartiges Lager, welches dorsiventral über der Unterlage ausgebreitet und stellenweise mit derselben verwachsen ist. Die Krustenflechten haben ein krustenartig ergossenes Lager, welches mit seiner ganzen Fläche mit der Unterlage verwachsen ist.

α) Strauchflechten. Familien: Cladoniaceae, Roccellaceae, Usneaceae, Ramalinaceae.

Die zur Familie der **Cladoniaceen** gehörende Gattung Cladonia ist eine ausserordentlich formenreiche Pflanzengruppe, welche auch in der einheimischen Flora zahlreiche Vertreter hat. Der eigentliche Thallus besteht nur aus kleinen, grünen Schüppchen, von denselben erheben sich aber grössere stift- oder trompetenförmige oder strauchartige, vielfach ästig verzweigte Träger, die sogenannten Podetien, auf deren Gipfel die Apothecien und Conidienfrüchte ausgebildet werden. Manche Cladonien überziehen auf weite Strecken hin den Boden der Nadelwälder oder der Heiden. Ueberall häufig ist die Cladonia rangiferina, die Rennthierflechte.



Figur 236.
Thallusast von Cetraria islandica.

Die Familie der **Roccellaceen** wird nur von der Gattung Roccella gebildet, unter deren Arten R. tinctoria, die echte Färberflechte oder Lackmusflechte, die wichtigste ist. Die rundlich wurmförmigen, einfachen oder gabelig getheilten Thallusäste der Flechte sind weisslich oder gelblich gefärbt und meistens mehlig bereift. Die einfachen, seiten- oder endständigen Apothecien haben eine schwarze, weisslich bereifte Scheibe. Die Flechte wächst in kleinen Gruppen an Felsen in südlichen Gegenden. Sie wird besonders auf den oceanischen Inseln in grossen Mengen gesammelt und zur Bereitung von Farbstoffen verwendet.

Die Familie der **Usneaceen** wird durch die Gattung Usnea, die Bartflechte vertreten, deren stielrunder, bis in haarfeine Fäden verzweigter, vielästiger Thallus auf Baumästen wächst und oft langherabhängende graugrüne Moosbärte bildet (Fig. 235). Baumbewohner sind auch die zu den **Ramalinaceen** gehörenden häufigen Gattungen Ramalina und Evernia, deren strauchartiger, verzweigter Thallus flach bandartig verbreitert ist. Zu derselben Familie gehört Cetraria islandica, das isländische Moos, deren laubartig verbreiterter, lappig vieltheiliger Thallus auf der Oberseite blass-graugrün oder kastanienbraun, unterseits weisslich gefärbt ist (Fig. 236). Die schildförmigen Apothecien sind schief an den Thallusrand angewachsen, ihre Scheibe ist braun gefärbt. Die Flechte ist in

der nördlichen kalten Zone und in den Gebirgsgegenden der gemässigten Zone weit verbreitet. Sie ist unter dem Namen Lichen islandicus officinell.

β) Laubflechten. Familien: Peltideaceae, Parmeliaceae, Umbilicariaceae.

Unter den **Peltideaceen** ist die Gattung Peltigera die bei uns häufigste. P. canina, die Hundsflechte, wächst überall zwischen Moos am Waldboden. Ihr glänzend lederartiger Thallus wird bis über thalergross und ist am vorderen Rande breit buchtig gelappt. Bei trockenem Wetter ist die Oberseite grau, bei feuchtem Wetter frisch grün. Die rothbraunen Apothecien sind flach mit dem äusseren Rande des Thalluslappen verwachsen.

Zu den **Parmeliaceen** gehört die an Baumrinden wohnende, früher officinelle Lungenflechte, Sticta pulmonacea, mit handgrossem, lederartigem, buchtig gelapptem, netzförmig grubigem Thallus. Die an Baumstämmen, Bretterwänden, Ziegeln und Steinen überall häufige Wandflechte, Physcia parietina, hat einen rosettenförmigen gelben oder pomeranzenfarbigen Thallus, der reichlich mit schüsselförmigen Apothecien besetzt ist.

γ) Krustenflechten. Familien: Lecanoraceae, Lecideaceae, Graphideae.

Zu unseren gemeinsten Flechten gehört die Gattung Lecanora, nach welcher die Familie der **Lecanoraceen** benannt ist. Die Arten dieser Gattung bilden landkartenartige graue Flecken auf glatten Baumrinden, kommen aber auch auf altem Holz, an Steinen, Mauern und Felsen und selbst an der Erde auf Moosen vor. Der Thallus bildet eine gleichförmige, kräftige Unterlage, auf welcher die schüsselförmigen Apothecien sitzen. Die **Graphideen** haben länglich strichförmige Apothecien, welche in den krustenförmigen Thallus eingesenkt sind. Die Schriftflechte, Graphis scripta, deren Thallus an Baumrinden grauweissliche Flecken bildet, auf denen die schwarzen Apothecien wie hebräische Schriftzeichen hervortreten, ist bei uns überall verbreitet (Fig. 237).



Figur 237.

Rindenstück mit Graphis scripta.

b) Die **homoeomeren Discolichenen** sind dadurch ausgezeichnet, dass Pilzhyphen und Gonidien gleichmässig durch den ganzen Vegetationskörper vertheilt sind. Man unterscheidet als Wuchsformen die Gallertflechten, deren Lager gallertartig ist und die Fadenflechten, deren Lager aus Fadenalgen gebildet wird, welche von Pilzhyphen umsponnen sind.

α) Gallertflechten. Familien: Lecothecieae, Collemaceae.

Der Thallus der zu den **Collemaceen** gehörigen Gattung Collema bildet laubartige Gallertplatten, welche Nostoc-artige Gonidien enthalten. Bei anderen Gattungen, z. B. Omphalaria, sind einzellige Cyanophyceen, welche gruppenweise zu Colonien verbunden bleiben, als Gonidien vorhanden.

β) Fadenflechten. Familie: Coenogoniaceae.

Die in Amerika einheimische Gattung Coenogonium hat einen rundlich scheibenförmigen Thallus, welcher aus verzweigten, locker verwebten, von Pilzhyphen umsponnenen Algenfäden gebildet wird.

Zweite Reihe: **Die Pyrenolichenen.**

Die Pilze der Pyrenolichenen sind Pyrenomyceten, ihr Hymenium ist also in einen flaschenförmigen Fruchtkörper eingeschlossen, welcher sich an der Spitze mit einer engen Mündung öffnet. Wir können auch hier, wie bei den Discolichenen heteromere und homoeomere Formen unterscheiden.

a) Die **heteromeren Pyrenolichenen** sind wie die heteromeren Discolichenen entweder Strauchflechten oder Laubflechten oder Krustenflechten.

α) Strauchflechten. Familie: Sphaerophoraceae.
β) Laubflechten. Familie: Endocarpaceae.
γ) Krustenpflechten. Familien: Verrucariaceae, Pyrenulaceae, Pertusariaceae.



Figur 238.

Buchenrinde mit Pertusaria communis.

Die zu den **Verrucariaceen** gehörende Gattung Verrucaria besteht aus einer Anzahl häufiger, steinbewohnender Krustenflechten. Verrucaria fuscoatra zum Beispiel, welche einen schwarzbraunen, rissig gefelderten Thallus besitzt, findet sich überall auf kalkhaltigem Gestein, wie auf Mauern und Ziegeldächern. Die Perithecien sind bei diesen und bei einigen anderen Arten vom Thallus überwachsen. Die der Familie der **Pertusariaceen** angehörenden Pertusaria-Arten sind vorwiegend Bewohner von Baumrinden. Pertusaria communis, die gewöhnlichste Art, bildet häufig knorpelige Krusten von theegrüner Farbe und mit warziger Oberfläche; in die Warzen eingesenkt befinden sich die Perithecien, deren Asci meist nur eine oder zwei grosse Sporen enthalten (Fig. 238).

b) Die **homoeomeren Pyrenolichenen** umfassen nur wenige seltener vorkommende Arten. Sie sind entweder Gallertflechten oder Fadenflechten.

α) Gallertflechten. Familien: Porocypheae, Phyllisceae, Lichineae.

Die **Lichineen** sind kleine, gallertartige Strauchflechten, welche gleich kleinen Braunalgen auf wasserumspülten Felsen an der Meeresküste wachsen, einzige Gattung ist Lichina.

β) Fadenflechten. Familie: Ephebeae.

Die in den **Ephebeen** vorkommenden Algen sind Cyanophyceen aus der Familie der Sirosiphonaceen. Speciell in der Gattung Ephebe, welche in Gebirgsgegenden Deutschlands nicht selten ist, besteht der Thallus aus Fäden der Alge Sirosiphon, deren verquollene Aussenwände von Pilzhyphen durchzogen sind. Der aus borstendicken, sehr ästigen Fäden bestehende Thallus bildet wenige Millimeter hohe, dichte, schwarze Rasen an feuchten Felsen.

Dritte Reihe: **Die Hymenolichenen.**

Diese Reihe umfasst nur wenige in den Tropen vorkommende Arten, in deren Thallus ein Hymenomycet als Symbiont vorhanden ist.

Hierher gehören die Gattungen Cora, Rhipidonema, Laudatea u. a.

Vierte Reihe: **Die Gastrolichenen.**

Auch diese Reihe wird von wenigen seltenen Arten gebildet. Der Pilz ist ein Gastromycet, die Gonidien sind Algen aus der Ordnung der Protococcoideen.

Emericella und Trichocoma sind hierher gehörige Gattungen.

II. Die Bryophyten oder Moose.

Der Vegetationskörper der Moose bildet einen bewurzelten Spross, welcher mittelst einer Scheitelzelle wächst. Die Wurzeln sind ohne Haube, der Spross bildet in den weniger häufigen Fällen eine thallose Laubausbreitung, meist ist derselbe ein einfaches oder verzweigtes Stämmchen, welches Laubblätter trägt. Das Gewebe besteht der Hauptsache nach aus parenchymatischen Zellen, Gefässbündel sind nicht vorhanden. In dem Entwicklungsgang der Pflanze tritt ein deutlicher Generationswechsel hervor. Aus der Keimung einer ungeschlechtlichen Spore entsteht ein Vorkeim, das Protonema, aus dem sich die geschlechtliche Generation, die eigentliche Moospflanze entwickelt, welche Antheridien und Archegonien trägt. Aus der Eizelle der Archegonien erwächst nach der Befruchtung die ungeschlechtliche Generation, das Sporogonium, welches wieder ungeschlechtliche Sporen hervorbringt.

Die Gruppe der Bryophyten besteht aus zwei Abtheilungen:

A) Hepaticae (Lebermoose) B) Musci (Laubmoose).

A) Die Lebermoose.

Die Lebermoose entwickeln ein unbedeutendes Protonema, welches bald in den Vegetationskörper der geschlechtlichen Pflanze übergeht. Die letztere ist entweder ein dorsiventraler, thalloser Spross mit Haarwurzeln an der Bauchseite, oder er ist ein bewurzeltes Stämmchen mit zwei- oder dreizeiliger Beblätterung in dorsiventraler Anordnung. Die Blätter haben keine Mittelrippe. Das Sporogonium ist ohne Deckel und Haube und öffnet sich unregelmässig oder durch zwei oder vier Längrisse vom Gipfel her. Eine Columella fehlt meistens. Zwischen den Sporen liegen Elateren, d. h. spindelförmige Zellen mit spiraligen Wandendickungen, welche bei manchen Arten durch ihre Hygroskopicität bei der Ausstreuung des Sporen eine Rolle spielen. Hierher gehören drei Reihen:

1. Marchantiaceae (Seite 268), 2. Anthocerotae (Seite 269), 3. Jungermanniaceae (Seite 270).

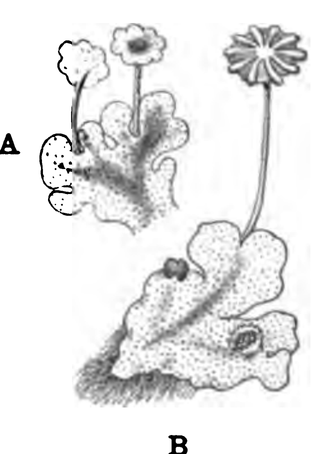
Erste Reihe: **Die Marchantiaceen.**

Der Vegetationskörper der Marchantiaceen ist ein dorsiventraler, thalloser Spross mit Haarwurzeln an der Unterseite. Die Sporogonien

öffnen sich unregelmässig mit Zähnen oder mit einem Deckel, eine Columella ist nicht vorhanden. Diese Reihe bildet eine Ordnung, welche aus zwei Familien besteht.

Familien: Ricciaceae, Marchantieae.

Die **Ricciaceen** haben keine Athemporen an dem Laube. Die Antheridien und Archegonien sind in offenen Höhlungen der Sprossoberfläche eingesenkt. Das Sporogonium bleibt in dem Archegonienbauch eingeschlossen. Sein Inhalt, welcher nur aus Sporen besteht, wird durch den Zerfall der Wand frei. Die Gattung Riccia ist in der einheimischen Flora durch mehrere Arten vertreten. Riccia glauca wächst in kleinen sternförmigen Gruppen auf feuchtem, lehmigem Ackerland. Ricciella fluitans hat schmal linealisches, wiederholt gabelig getheiltes Laub, welches im vegetativen Stadium frei im Wasser schlammiger Teiche und Gräben schwimmt. Wenn es an's Ufer gelangt, so wurzelt es fest und fructificirt.



Figur 239.

Marchantia polymorpha **A** mit männlichen, **B** mit weiblichen Receptakeln.

Die **Marchantieen** entwickeln verhältnissmässig grosse, krautige Laubflächen, deren Oberfläche eine eigenthümliche, regelmässige Felderung zeigt, welche der Vertheilung der Lufthöhlen unterhalb der Epidermis entspricht (Fig. 143). In der Mitte jedes Feldes ist ein weiter Athemporus mit blossem Auge wahrnehmbar. Die Sporogonien öffnen sich unregelmässig mit Zähnen oder mit einem Deckel. Im Innern sind neben den Sporen zahlreiche Elateren vorhanden. Bei der Gattung Targionia stehen die Archegonien am Scheitel gewöhnlicher Laubsprosse, bei allen anderen Gattungen sind die Geschlechtsorgane auf besondere, umgewandelte Sprossabschnitte beschränkt. Diese als Receptaculum bezeichneten Gebilde sind meist hutpilzförmig oder schirmförmig, mehr oder minder lang gestielt. Bei Marchantia polymorpha (Fig. 239), welche überall an feuchten Stellen wächst, sind die Receptakeln, welche Archegonien tragen, lang gestielt, ihre Scheibe ist fast bis zur Mitte in acht oder mehr schmale, strahlenförmige Lappen getheilt, an deren Unterseite die Geschlechtsorgane stehen. Bei dem männlichen Receptaculum ist die Scheibe nur am Rande gekerbt. Die Antheridien sind an der Oberseite der Scheibe völlig eingesenkt. Die Sporogonien sind kurzgestielte, eiförmige Kapseln mit gelben Sporen und Elateren. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Brutknospen ist auf Seite 215 besprochen worden. Bei Fegatella conica ist die Scheibe des langgestielten weiblichen Receptaculums kegelförmig und ganzrandig oder doch nur schwach gelappt. Bei Preissia ist die Scheibe halbkugelförmig.

Zweite Reihe: **Die Anthoceroten.**

Der Spross ist ein unregelmässig gelapptes, horizontal ausgebreitetes Laub, dessen Rand gewöhnlich wellig gekräuselt ist. Die Antheridien und Archegonien sind in das Laub eingesenkt. Das reife Sporogonium öffnet sich von der Spitze her schotenartig mit zwei Klappen. Im Innern ist eine centrale Columella vorhanden, welche von Sporen und Elateren umgeben ist. Die Reihe enthält nur eine einzige gleichnamige Familie.

Die Familie der **Anthoceroten**, welche über die ganze Erde verbreitet



Figur 240.

Anthoceros laevis. ($^{8}/_{1}$ nach Luerssen.)

ist, wird in der einheimischen Flora nur durch wenige, theils seltener vorkommende Arten vertreten. Verhältnissmässig häufig ist Anthoceros laevis, welcher bisweilen nach der Ernte die Oberfläche feuchter Ackerstellen zwischen den Stoppeln überkleidet (Fig. 240).

Dritte Reihe: **Die Jungermanniaceen.**

Die Jungermanniaceen haben entweder thallose oder regelmässig zwei- oder dreireihig beblätterte, dorsiventrale Sprosse. Die Archegonien stehen einzeln an dem Thallus oder an den Enden der Sprosse oder ihrer Seitenzweige. Die reife Kapsel des Sporogoniums öffnet sich regelmässig durch Längsrisse mit vier Klappen. Der Inhalt besteht aus Sporen und Elateren, eine Columella ist nicht vorhanden. Man unterscheidet zwei Ordnungen:

a) Anacrogynae, b) Acrogynae.

a) Die **anacrogynen Jungermanniaceen** haben fast ausnahmslos thallose Sprosse, die Archegonien und dementsprechend die Sporogonien stehen auf dem Rücken des Sprosses. Bisweilen sind die Archegonien von dem umgeschlagenen Rande des Laubes schützend umhüllt, in anderen Fällen entsteht als Wucherung des benachbarten Sprossgewebes eine scheidenartige Schutzhülle, welche als Involucrum bezeichnet wird.

Familien: Metzgeriaceae, Aneureae, Haplolaeneae, Diplomitrieae, Codonieae, Haplomitrieae.



Figur 241.

Sprossstück von Pellia epiphylla mit einem geöffneten Sporogonium.

Die **Metzgeriaceen** haben einen linealischen, wiederholt gegabelten Spross, der von einer mehrschichtigen Mittelrippe durchzogen ist. Die Geschlechtsorgane stehen an kurzen, an der Unterseite der Mittelrippe entspringenden eingekrümmten Seitensprossen. Metzgeria furcata kommt ziemlich häufig an Baumrinden vor, M. pubescens bildet am Waldboden feuchter Gebirgsthäler oft fussbreite, saftige Rasen. Zu den **Haplolaeneen** gehört die überall häufige Pellia epiphylla, deren unregelmässig gelappter Spross an feuchten, quelligen Orten flache Rasen bildet (Fig. 241). Die Archegonien stehen zu mehreren, in einer nach dem vorderen Laubrande hin geöffneten taschenförmigen Hülle. Die zu den **Codonieen** gehörige Gattung Fossombronia bildet einen Uebergang von den thallosen zu den beblätterten Formen. Die Laubausbreitung des Sprosses ist zu beiden Seiten der Mittelrippe ziemlich regelmässig in blattartige Lappen zertheilt.

b) Die **acrogynen Jungermanniaceen** haben ausnahmslos beblätterte Sprosse. Es sind immer zwei seitlichstehende Reihen schräg angehefteter Blätter vorhanden, bei manchen Formen steht ausserdem auf der Bauchseite des Sprosses noch eine Zeile von Blättern, den sogenannten Amphigastrien, welche gewöhnlich viel kleiner sind als die als

Oberblätter bezeichneten seitlichen Blätter. Die Sprosse sind unregelmässig monopodial verzweigt. Die Zweige, welche Archegonien tragen, schliessen ihr Scheitelwachsthum mit der Ausbildung der Geschlechtsorgane ab. Die Archegonien sind meist von einer als Perianthium bezeichneten schlauch- oder becherförmigen Hülle umgeben, welche aus Blattanlagen hervorgeht. Die zunächst unter dem Perianthium stehenden Laubblätter sind meist abweichend gestaltet und bilden eine als Perichaetium bezeichnete Umhüllung des Archegonienstandes.

Familien: Jubuleae, Platyphylleae, Ptilidieae, Lepidozieae, Geocalyceae, Jungermannieae, Gymnomitrieae.

Die **Jubuleen** haben oberschlächtige Blätter, d. h. der Vorderrand jedes Oberblattes liegt über dem Hinterrand des nächst jüngeren Blattes derselben Zeile. Die Oberblätter sind in zwei Lappen getheilt, von denen der hintere gewöhnlich öhrchenartig eingeschlagen ist. Bei der hierher gehörenden Frullania dilatata, welche überall an Baumstämmen oder Felsen kupferbraune oder grünschwärzliche Rasen bildet, ist der Oberlappen der Blätter kreisrund und ganzrandig, der Unterlappen ist fast halbkugelig, kappenförmig, hohl und bildet einen capillaren Wasserbehälter. Die zu den **Platyphylleen** gehörigen Gattungen Radula und Madotheca haben gleichfalls oberschlächtige Blätter. Radula complanata ohne Amphigastrien und Madotheca platyphylla mit grossen, ungetheilten Amphigastrien gehören bei uns zu den verbreitetsten Lebermoosen, sie bilden meistens dichte, grüne, reichlich fructificirende Rasen an Baumstämmen in feuchten Wäldern. Die Oberblätter der **Jungermannieen** sind unterschlächtig, d. h. der vordere Blattrand wird von dem nächst jüngeren Blatt derselben Zeile überdeckt. Die artenreichste Gattung ist Jungermannia, welche dadurch ausgezeichnet ist, dass das walzenförmige oder kantige Perianthium am Rande gezähnelt oder einfach gespalten oder gewimpert ist. Die Archegonien stehen meist am Gipfel des Hauptsprosses. Jungermannia albicans, J. obtusifolia, J. bicrenata, J. trichophylla kommen bei uns an Felsen und auf feuchtem Boden in schattigen Wäldern häufiger vor. Die ebenfalls zu den Jungermanieen gehörenden Gattungen Scapania (Fig. 242) und Plagiochila haben ein plattgedrücktes Perianthium. Die Blätter der ersteren Gattung sind in zwei aufeinander liegende Lappen getheilt. Bei Plagiochila sind die Blätter ungetheilt. Plagiochila asplenioides ist bei uns in Wäldern überall gemein.



Figur 242.
Sprossstück v. Scapania undulata mit einem geöffneten Sporogonium.

B) Die Laubmoose.

Die Laubmoose haben ein grosses, meist einer verzweigten Fadenalge ähnliches Protonema. Der Spross der am Protonema entstehenden geschlechtlichen Pflanze ist radiär gebaut und trägt spiralig gestellte Blätter. Die letzteren haben oft mehrschichtige Mittel- und Randrippen aus gestreckten Zellen. Das Sporogonium ist in der Jugend meist von der aus dem oberen Theil des Archegoniums hervorgegangenen Haube bedeckt und öffnet sich in der Regel durch Abwerfen eines Deckels, unter welchem meist ein Peristom am Rande der Kapsel stehen bleibt. Die Kapsel des Sporogoniums besitzt fast immer eine Columella, Elateren sind nie vorhanden. Man unterscheidet vier Reihen:

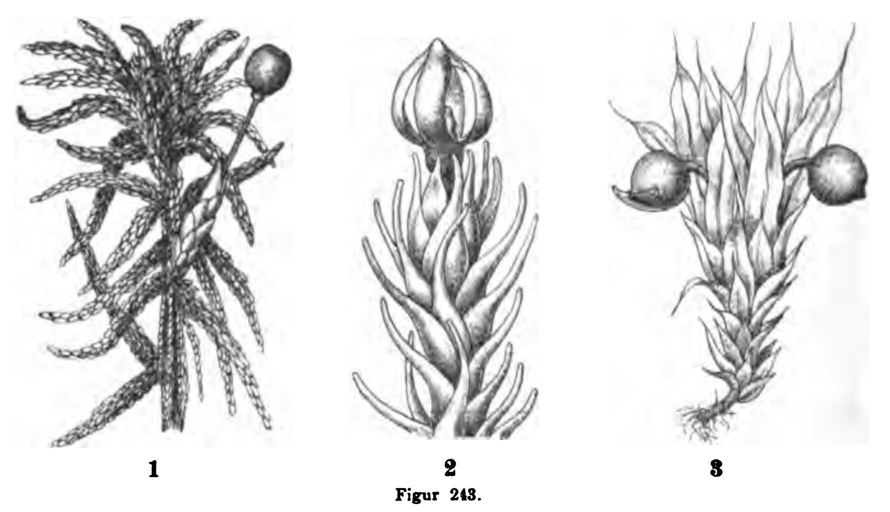
Erste Reihe: **Die Torfmoose.**

Im Gegensatz zum Vorkeim aller übrigen Laubmoose ist das Protonema der Sphagna eine Zellfläche. Der Stengel der sich daraus entwickelnden geschlechtlichen Pflanze ist sehr regelmässig verzweigt. Die nervenlosen Blätter haben neben den chlorophyllhaltigen Zellen grosse, leere Zellen mit spiralförmiger Wandverdickung und weiten Poren. Gleiche Zellen, welche als capillare Leitbahnen und Reservoire des Wassers dienen, sind auch in der Stengelrinde vorhanden. Die Sporogonien, welche bei ihrem Wachsthum das Archegonium durchbrechen und also keine Haube tragen, sind sehr kurz gestielt, sie werden aber durch einen stielähnlichen, blattlosen Theil des sie tragenden Sprosses über die Laubblattregion emporgehoben, die kugelige oder kurz eiförmige Kapsel öffnet sich durch einen Deckel, ein Peristom ist nicht vorhanden. Die Columella ist zapfenförmig und erreicht die obere Wand der Kapsel nicht, so dass der Sporenraum glockenförmig ist. Die Reihe enthält nur eine einzige kleine Familie: Sphagnaceae.

Die einzige Gattung der Familie ist Sphagnum. Die Arten der Gattung bewohnen ausnahmslos feuchte Orte, besonders häufig finden sie sich auf Torfmooren, in schwammigen Polstern. Die von unten her absterbenden Pflanzen tragen wesentlich zur Vermehrung der Torfmasse bei. Als gemeinste überall verbreitete Arten können Sphagnum cymbifolium und Sph. acutifolium genannt werden (Fig. 243,1).

Zweite Reihe: **Die Schizocarpen.**

Die Schizocarpen sind kleine ausdauernde Moose mit dichotom verzweigten beblätterten Stengeln. Die gipfelständigen Sporogonien sind wie



Figur 243.

1 Sphagnum cymbifolium. 2 Andreaea rupestris. 3 Phascum cuspidatum. ($^{10}/_1$ n. Schimper.)

die der Sphagna kurz gestielt und von einem stielartigen Sprossabschnitt getragen. Sie sind bis zur Reife von dem zuletzt haubenartig abreissenden Archegonium eingehüllt. Die Wand der eiförmigen Kapsel spaltet sich bei der Reife durch Längsrisse in vier oben und unten zusammenhängende Klappen. Die zapfenförmige Columella erreicht den Scheitel der Kapsel nicht, so dass ein glockenförmiger Sporenraum bleibt.

Einzige Familie: Andreaeaceae.

Die Familie der **Andreaeaceen** enthält nur die eine Gattung Andreaea, deren Arten auf kieselhaltigen Felsen kleine braune oder schwärzliche Polster bilden. Von den wenigen in Deutschland vorkommenden Arten sind Andreaea petrophila mit nervenlosen Blättern und A. rupestris, deren Blätter eine Mittelrippe besitzen, am meisten verbreitet (Fig. 243,2).

Dritte Reihe: **Die Cleistocarpen.**

Die Cleistokarpen sind kleine Moose, deren Stämmchen bis zur Reife des Sporogoniums mit dem meist wohl entwickelten Protonema in Verbindung bleiben. Das Sporogonium ist mehr oder minder lang gestielt. Die Columella geht bis zum Scheitel der Kapsel, so dass der Sporenraum einen Hohlcylinder bildet. Die Kapsel öffnet sich bei der Reife nicht regelmässig, sondern sie fällt ab, und die Sporen werden durch Verwesung der Kapselwand frei.

Familien: Ephemereae, Phascaceae, Voitieae, Archidiaceae, Pleuridiaceae, Bruchiaceae.

Die genannten Familien umfassen alle nur wenige Gattungen und Arten. Als Beispiel möge das zu den **Phascaceen** gehörige, häufiger vorkommende Phascum cuspidatum genannt sein, welches auf Aeckern und Grasplätzen schmutziggrüne, wenige Millimeter hohe Rasen bildet (Fig. 243,3).

Vierte Reihe: **Die Bryineen.**

Die Reihe der Bryineen umfasst die Mehrzahl aller Laubmoosarten. Die Stämmchen, welche sich an dem confervenartigen Protonema entwickeln, sind hinsichtlich ihrer Verzweigung und Beblätterung sehr verschieden. Sehr übereinstimmend und charakteristisch ist dagegen die Ausbildung des Sporogoniums. Die kürzer oder länger gestielte Kapsel trägt eine Haube und ist mit einem genabelten oder schnabelförmig ausgezogenen Deckel versehen, welcher bei der Reife abspringt. Meist ist an der Grenze zwischen dem Deckel und der übrigen Kapselwand ein Ring eigenthümlich ausgebildeter, meist stark verdickter Zellen, der Annulus vorhanden, durch dessen Verhalten die Ablösung des Deckels bewirkt wird. Das dem Stiel zugekehrte Ende der Kapsel, welches als Apophyse bezeichnet wird, erlangt bei manchen Arten gleichfalls eine besondere Ausbildung. Häufig ist das Gewebe der Apophyse mit Intercellularräumen versehen, welche durch Spaltöffnungen mit der Atmosphäre in Verbindung stehen. Am Rand der geöffneten Kapsel steht gewöhnlich ein Peristom, d. h. ein einfacher oder doppelter Kranz von zierlichen Zähnen, welche meist aus den verdickten Wandstellen zerrissener Zellen bestehen. Im Innern der Kapsel ist eine durchgehende Columella vorhanden, welche von einem hohlcylindrischen Sporenraume umgeben ist.

Wir unterscheiden zwei Ordnungen:
a) Acrocarpae, b) Pleurocarpae.

a) Die **acrocarpen Bryineen** sind dadurch charakterisirt, dass bei ihnen die Archegonien am Gipfel des Hauptsprosses angelegt werden. Dementsprechend steht auch der Stiel des Sporogoniums in der Verlängerung der Sprossachse.

Familien: Weisiaceae, Leucobryaceae, Fissidentaceae, Seligeriaceae, Distichiaceae, Pottiaceae, Grimmiaceae, Tetraphidaceae, Schistostegaceae, Splachnaceae, Funariaceae, Bryaceae, Polytrichaceae, Buxbaumiaceae.

Zu den **Weisiaceen** gehören unter anderen die Gattungen Dicranum und Dicranella. Dicranum scoparium und D. undulatum sind robuste Moose, sie bilden überall in Wäldern auf der Erde und an Felsen lockere, grüne Polster und sind an ihren sichelförmigen, einseitswendigen Blättern leicht zu erkennen (Fig. 244). Die übergeneigte und gekrümmte Kapsel besitzt ein einfaches Peristom aus sechszehn quergerippten und an der Spitze gespaltenen Peristomzähnen. Dicranella varia, welche ebenfalls überall häufig ist, hat auch einseitswendige Blätter und eine ähnlich gebaute Kapsel, das Stämmchen ist aber viel zierlicher und wird selten über zwei Centimeter hoch. Die **Leucobryaceen** sind in der einheimischen Flora nur durch eine Art, Leucobryum glaucum, vertreten. Das Moos bildet am Waldboden grosse, polsterförmige, oft halbkugelige Rasen, welche bei trockenem Wetter bleich grauweiss, feucht aber blass saftgrün erscheinen. Die Blätter enthalten ausser den sehr kleinen chlorophyllhaltigen Zellen grosse, poröse, leere Zellen, welche wie die ähnlichen Gebilde bei Sphagnum, als Wasserbehälter dienen.

Figur 244.

Dicranum scoparium. (Nach Schimper.)

Die **Fissidentaceen** haben schwertförmige Blätter, welche dadurch zustande kommen, dass die verlängerte Mittelrippe des normal angehefteten Blattes zu einem breiten, senkrecht zur Blattfläche stehenden Flügel auswächst. Fissidens adiantoides ist bei uns fast überall häufig und an den zweizeiligen, schwertförmigen Blättern leicht zu erkennen. Die **Pottiaceen** sind kleine Moose, deren langgestielte Kapsel gewöhnlich symmetrisch gebaut ist. Das Peristom ist einfach und besteht aus sechszehn gespaltenen oder aus zweiunddreissig einfachen Zähnen. Ueberall häufige Arten sind Pottia cavifolia, Barbula muralis, Ceratodon purpureus.



Figur 245.

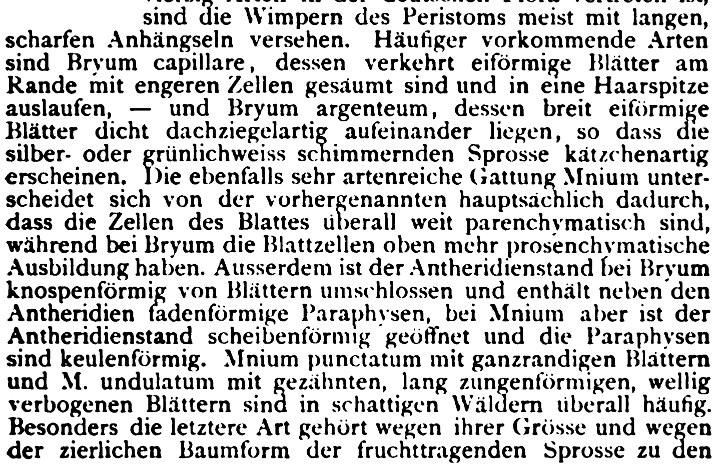
Schistostega osmundacea. ($^{10}/_{1}$ n. Payer).

Die **Grimmiaceen** sind kleine, in dichten Rasen oder Polstern wachsende ästige Moose, welche Felsen oder Ziegel oder Baumrinden bewohnen. Das Peristom ist meist einfach, nur einige an Baumrinden, bei uns überall häufige Arten von Orthotrichum, wie Orthotrichum obtusifolium, O. stramineum u. a. m., haben hinter der äusseren Reihe von Peristomzähnen noch ein aus acht oder sechszehn Wimperborsten gebildetes inneres Peristom. Grimmia pulvinata bildet an Felsen und auf Dächern dichte, halbkugelige Polster. Dieselben sind blaugrün oder schwärzlich gefärbt und haben einen oberflächlichen, weissgrauen Schimmer, welcher dadurch zu Stande kommt, dass die Mittelrippe der Blätter sich als langes, feingesägtes Glashaar über die Blattspitze fortsetzt.

Die **Tetraphidaceen** haben an ihrer langgestielten aufrechten und symmetrischen Kapsel ein nur aus vier Zähnen gebildetes Peristom. Jeder Zahn ist ein dreiseitig pyramidenförmiger Zellkörper, welcher durch Zerspaltung des unter dem Deckel gelegenen Kapselgewebes entstanden ist. Tetraphis pellucida bildet niedere hellgrüne Rasen an faulenden Baumstümpfen oder auf moorigem Boden. Die verästelten Stengel sind unten fast blattlos. Manche von ihnen tragen an der Spitze Brutbecherchen, in denen zahlreiche Brutknospen ausgebildet werden.

Die **Schistostegaceen** sind nur durch eine Art, Schistostega osmundacea, repräsentirt, welche aber durch den oben (S. 145) geschilderten Bau ihres Vorkeimes besonderes Interesse gewinnt. Die nicht fructificirenden Stengel des Mooses sind zweizeilig beblättert, mit vertical gestellten, herablaufenden Blättern, an den fertilen Sprossen sind die Blätter spiralig gestellt (Fig 245). Die Blätter sind ohne Mittelrippe, die sehr kleine, kugelige Kapsel hat kein Peristom. Das Moos wächst nur in engen Felsenhöhlen, die kugeligen Zellen des Protonemas reflektiren das einfallende Licht in smaragdgrünem Glanze.

Bei den **Splachnaceen** zeigt die Apophyse der Kapsel bisweilen eine mächtige Entwickelung. Bei dem nicht gerade häufigen, auf Rindermist wachsenden Splachnum ampullaceum ist die Apophyse aufgeblasen, birnförmig, viel breiter, als der die Sporen bergende cylindrische Theil der Kapsel, und purpurroth gefärbt.



Figur 246. Funaria hygrometrica.

Die **Funariaceen** sind kleine erdbewohnende Moose, meist mit einfachem, niedrigem Stengel. Die hierher gehörende Art Funaria hygrometrica ist bei uns überall gemein (Fig. 246). Die schief birnförmige Kapsel steht auf einem oben übergebogenen Stiel, welcher stark hygroskopisch ist und sich in feuchter Luft strickförmig eindreht.

In der artenreichen Familie der **Bryaceen** sind die Kapseln der Sporogonien meist regelmässig, glatt und mit verschmälerter Apophyse versehen und daher birn- oder keulenförmig. Gewöhnlich nicken sie auf den Stielen oder hängen gänzlich nach abwärts. Das doppelte Peristom hat im äusseren Kreise sechszehn engggegliederte Zähne. Das innere Peristom wird von einer faltigen Membran gebildet, welche meist sechszehn zahnartige Fortsätze trägt, zwischen denen je zwei bis drei knotige Wimpern stehen. Bei der Gattung Bryum, welche mit gegen vierzig Arten in der deutschen Flora vertreten ist, sind die Wimpern des Peristoms meist mit langen, scharfen Anhängseln versehen. Häufiger vorkommende Arten sind Bryum capillare, dessen verkehrt eiförmige Blätter am Rande mit engeren Zellen gesäumt sind und in eine Haarspitze auslaufen, — und Bryum argenteum, dessen breit eiförmige Blätter dicht dachziegelartig aufeinander liegen, so dass die silber- oder grünlichweiss schimmernden Sprosse kätzchenartig erscheinen. Die ebenfalls sehr artenreiche Gattung Mnium unterscheidet sich von der vorhergenannten hauptsächlich dadurch, dass die Zellen des Blattes überall weit parenchymatisch sind, während bei Bryum die Blattzellen oben mehr prosenchymatische Ausbildung haben. Ausserdem ist der Antheridienstand bei Bryum knospenförmig von Blättern umschlossen und enthält neben den Antheridien fadenförmige Paraphysen, bei Mnium aber ist der Antheridienstand scheibenförmig geöffnet und die Paraphysen sind keulenförmig. Mnium punctatum mit ganzrandigen Blättern und M. undulatum mit gezähnten, lang zungenförmigen, wellig verbogenen Blättern sind in schattigen Wäldern überall häufig. Besonders die letztere Art gehört wegen ihrer Grösse und wegen der zierlichen Baumform der fruchttragenden Sprosse zu den



Figur 247. Polytrichum commune.

schönsten Moosen. Die stattlichsten Moose finden wir in der Familie der **Polytrichaceen**, welche sich durch die Ausbildung ihres Peristoms von den übrigen Moosen wesentlich unterscheidet. Das einfache Peristom besteht aus sechszehn, zweiunddreissig oder vierundsechszig kurzen, ungegliederten Zacken, von deren Gipfel aus ein als Paukenhaut bezeichneter Rest des Kapselgewebes die Mündung des entdeckelten Sporogoniums überzieht. Polytrichum commune, welches überall in dunkelgrünen Rasen weite Strecken des Wald- und Moorbodens überzieht, ist eine der grössten und schönsten Formen (Fig. 247). Das Stämmchen erreicht bisweilen eine Länge von 10 Centimetern. Das langgestielte, derbe Sporogonium trägt auf seiner vierkantigen Kapsel eine mit dichtem, herabhängendem Haarfilz bedeckte Haube, die Apophyse ist stark entwickelt und scharf abgesetzt. Fast ebenso häufig als die genannte Art ist bei uns Atrichum undulatum, dessen bis zu 5 cm hohes Stämmchen lang lanzettförmige, wellig verbogene Blätter trägt. Die Kapsel ist wurstförmig gekrümmt und mit langgeschnäbeltem Deckel und einer kahlen Haube bedeckt.

b) Die **pleurocarpen Bryineen** tragen an dem fortwachsenden Hautspross kleine seitliche Aeste mit Archegonien. Die Sporogonien scheinen also seitlich an dem verlängerten Spross zu stehen.

Familien: Fontinalaceae, Hookeriaceae, Neckeraceae, Leskeaceae, Fabroniaceae, Hypnaceae.

Die **Fontinalaceen** sind grosse, flutende Wassermoose mit dünnen, reich verzweigten Stengeln. Die Blätter stehen in drei Zeilen. Bei Fontinalis antipyretica, einer bei uns in stehenden und fliessenden Gewässern nicht seltenen Art, sind die Blätter kielig gefaltet, so dass Stengel und Aeste fast bis zur Basis hin scharf dreikantig sind. Die Sporogonien stehen am Grunde der Hauptäste auf der Spitze kurzer Seitenäste. Die Zähne des inneren Peristoms sind durch zierliche Querleisten mit einander zu einer gitterartig durchbrochenen Kuppel vereinigt.



Figur 248.
Hylocomium triquetrum.

Die **Neckeraceen** sind ziemlich grosse Moose mit flach polsterförmigem Wuchs. Die kriechende Hauptachse trägt kurze, oft fiederig angeordnete Seitenäste mit scheinbar zweizeiliger Beblätterung. Neckera complanata, welche überall an Baumstämmen gemein ist, hat zungenförmige, flache Blätter ohne Rippe. Bei Neckera pennata, welche besonders an Buchenstämmen häufiger vorkommt, sind die rippenlosen, eilanzettlichen Blätter quergerunzelt.

Die Familie der **Hypnaceen** stimmt in der Ausbildung des Peristoms mit den Bryaceen überein. Nach der. Ausbildung des Blattzellnetzes und der Kapsel werden zahlreiche Gattungen unterschieden, unter denen die Gattung Hypnum die artenreichste ist. Die Blätter sind bei den Hypnumarten der Hauptsache nach aus linealischen, meist etwas geschlängelten Zellen gebildet, nur an der Blattbasis ist das Zellnetz weitmaschiger und aus quadratischen Zellen bestehend. Der Deckel der Kapsel ist mehr oder weniger spitz und gar nicht oder nur ganz kurz geschnäbelt. Bei dem verbreiteten, auf Erde, an Mauern, Felsen und Baumstämmen wachsenden Hypnum cupressiforme ist der Deckel der cylindrischen, meist schwach geneigten Kapsel lang zugespitzt. An dem unregelmässig fiederförmig verästelten Spross stehen sichelförmig einseitswendige, sehr schmal gespitzte Blätter, welche ganz oder fast ganz ohne Rippe sind. Bei den ebenfalls gemeinen Arten Hypnum cuspidatum und H. Schreberi sind die eilänglichen oder eirunden Blätter ziemlich stumpf und mit sehr kurzer Doppelrippe versehen. Die erstere Art hat an der Kapsel einen deutlichen Annulus, bei der letzteren fehlt derselbe.

Zu den gemeinsten Waldmoosen gehört Hylocomium triquetrum, deren robuste, spärlich fiederästige Stengel mit allseitswendigen, sparrig abstehenden Blättern vielfach zur Verfertigung von Mooskränzen verwendet werden (Fig. 248).

III. Die Pteridophyten oder Gefässkryptogamen.

Der Vegetationskörper ist in Wurzel, Stamm und Blätter gegliedert. Die Wurzeln besitzen eine Wurzelhaube. Im Gewebe sind typische Gefässbündel vorhanden. Der Generationswechsel ist deutlich erkennbar. Die aus der Spore erwachsende geschlechtliche Generation ist ein unscheinbares Prothallium. Als Geschlechtsorgane treten Antheridien und Archegonien auf. Die befruchtete Eizelle wird zur ungeschlechtlichen Pflanze, welche wieder Sporen erzeugt. Im Gegensatz zu den Moospflanzen zeigt bei den Gefässkryptogamen die ungeschlechtliche Generation die mächtigste vegetative Entwickelung.

Die Gefässkryptogamen bilden drei Reihen:

1. Filicinae (Seite 277), 2. Equisetinae (Seite 280),
3. Lycopodinae (Seite 281).

Erste Reihe: **Die Filicinen.**

Der nur spärlich oder nicht verzweigte Spross trägt kräftig entwickelte Blätter. Die letzteren sind oft reich verzweigt und besitzen eine complicirte Nervatur. Die Sporangien entstehen meist zahlreich auf unveränderten oder auf metamorphosirten Blättern, welche nicht auf eine bestimmte Region des Sprosses beschränkt sind.

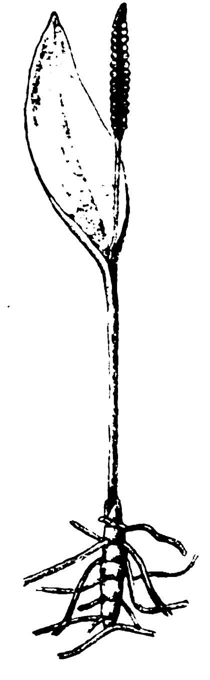
Wir unterscheiden drei Ordnungen:

a) Eusporangiatae, b) Filices oder eigentliche Farne,
c) Hydropterides oder Wasserfarne.

a) Die **Eusporangiaten** sind dadurch ausgezeichnet, dass bei ihnen das Sporangium aus einem Complex von Blattzellen hervorgeht, während bei den Filices und den Hydropteriden, welche zusammen als Leptosporangiaten bezeichnet werden, eine einzige Epidermiszelle den Ausgangspunkt für die Entwickelung des Sporangiums bildet. Die Prothallien der Eusporangiaten tragen beiderlei Geschlechtsorgane. Die Antheridien sind in das Prothalliumgewebe eingesenkt.

Familien: Marattiaceae, Ophioglosseae.

Bei den **Marattiaceen** stehen die mit einer mehrschichtigen Wand versehenen Sporangien einzeln oder zu mehreren in einem Sorus vereinigt auf der Unterseite der Blätter. Der Spross ist ein dicker, knollenförmiger Stamm, die Blätter sind gross, einfach oder in verschiedener Weise zusammengesetzt. An der Blattbasis stehen bei den meisten Marattiaceen nebenblattartige Gebilde, welche die jüngeren Blattanlagen und die Stammspitze schützend umhüllen. Die Prothallien der Marattiaceen sind wie die der echten Farne herzförmige, grüne Laublappen, welche mit Haarwurzeln am Boden haften. Die hierher gehörigen Gattungen Angiopteris, Marattia, Kaulfussia und Danaea sind nur in der heissen Zone Amerikas, Asiens und auf den Südseeinseln vertreten.



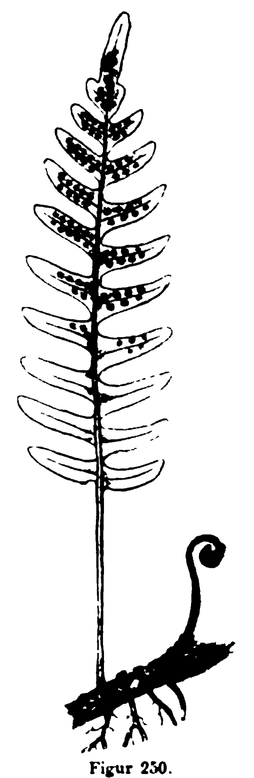
Figur 249.

Ophioglossum vulgatum.

Die **Ophioglosseen** haben einen kurzen, unterirdischen Stamm, welcher in jeder Vegetationsperiode nur ein einziges Blatt entwickelt, das nur zum Theil laubblattartig ausgebildet ist. Ein gewisser Abschnitt des Blattes, welcher der Laubausbreitung entbehrt, trägt zahlreiche dickwandige Sporangien. Die Blätter haben eine scheidenförmige Basis, durch welche die jüngeren Theile des Sprosses schützend umhüllt werden. Die Prothallien der Ophioglosseen sind knollenartig und tragen beiderlei Geschlechtsorgane. In der einheimischen Flora sind die Ophioglosseen vertreten durch Ophioglossum vulgatum und Botrychium Lunaria. Bei ersterem ist der sterile Blatttheil eiförmig und ungetheilt, der fertile Theil einfach ährenförmig (Fig. 249), bei Botrychium ist der sterile Theil einfach fiederschnittig mit halbmondförmigen Abschnitten, der fertile Blatttheil ähnelt einer gedrungenen Rispe.

b) Die **Filices** oder eigentlichen Farne tragen die aus einer einzigen Epidermiszelle hervorgehenden Sporangien an unveränderten oder wenig veränderten Blättern. Die Blätter sind ohne Nebenblätter. Die Wand des reifen Sporangiums besteht aus einer einfachen Schicht von Zellen, von denen einzelne durch verdickte Wände ausgezeichnet sind und einen Annulus bilden. Es werden nur einerlei Sporen gebildet. Die Prothallien tragen beiderlei Geschlechtsorgane, die Antheridien ragen über die Oberfläche des Prothalliums hervor.

Familien: Hymenophyllaceae, Cyatheaceae, Polypodiaceae, Gleicheniaceae, Schizaeaceae, Osmundaceae.



Figur 250.

Polypodium vulgare.

Die **Hymenophyllaceen** sind kleine, krautartige Farne mit zarten, meist aus einer Zellschichte gebildeten Blättern ohne Spaltöffnungen. Die Sporangien sind ungestielt und kugelförmig und haben einen schief oder quer zur Anhaftungsstelle angeordneten, vollständig geschlossenen Annulus. Die Eröffnung der Sporenwand erfolgt in Folge dessen durch einen Längsriss. Die Sporangien sind zu Sori vereinigt, welche direkt am Blattrande auf einem vom verlängerten Nerven gebildeten fadenförmigen oder keulenförmigen Receptaculum stehen. Vom Blattrande her wird jeder Sorus durch ein becherförmiges oder muschelartig zweiklappiges Indusium eingehüllt. Die Prothallien sind fadenförmig oder band- und plattenartig von unbestimmten Umrissen. Die meisten Arten der hierher gehörenden beiden Gattungen Hymenophyllum und Trichomanes leben in feuchten Urwäldern der Tropen und Subtropen. In Deutschland ist nur eine Art, Hymenophyllum Tunbridgense, an einem einzigen Standorte gefunden worden.

Die **Cyatheaceen** sind meist grosse, theils baumartige Farne mit grossen, mehrfach gefiederten Blättern. Die Sori der mit einem schiefen, geschlossenen Annulus versehenen, sitzenden oder kurz und dick gestielten Sporangien stehen am Rande oder auf der Unterseite der

Laubblätter und sind bei einigen Gattungen von einem napfförmigen oder zweiklappigen Indusium umgeben. Die Arten der hierher gehörenden Gattungen Cibotium, Dicksonia, Alsophila Hemitelia und Cyathea gehören meistens den Tropen und den subtropischen Gegenden der südlichen Halbkugel an.

Die Familie der **Polypodiaceen** ist die artenreichste von allen, sie ist charakterisirt durch die gestielten, mit einem unvollständigen, vertikal gestellten Annulus versehenen Sporangien, welche sich durch einen Querriss öffnen. Die Sori stehen meist auf der Unterseite der Blätter, an dem Ende, dem Rücken oder der Flanke eines Nerven. Man unterscheidet fünf Unterfamilien:

1. Acrosticheae. Die Sporangien bilden keine begrenzten Sori, sondern sind gleichmässig über eine grössere Fläche des Blattes vertheilt. Ein Indusium ist nicht vorhanden. Gattungen: Acrostichum, Platycerium.
2. Polypodieae. Die begrenzten Sori sind ohne echtes Indusium, höchstens vom umgeschlagenen Blattrande überdeckt. Gattungen: Gymnogramme, Polypodium, Phegopteris, Ceterach, Notochlaena, Adiantum, Allosorus, Pteris.
3. Asplenieae. Die Sori sind länglich und seitenständig und werden von einem seitlichen Indusium überdeckt. Gattungen: Blechnum, Asplenium, Athyrium, Diplazium, Scolopendrium.
4. Aspidieae. Die rundlichen Sori stehen auf dem Rücken des Nerven und sind von einem verschiedenartig ausgebildeten, echten Indusium geschützt. Gattungen: Aspidium, Cystopteris, Woodsia, Struthiopteris.
5. Davallieae. Die Sori sind endständig am Zahn oder im Einschnitt des Blattrandes und sind von einem dem Blattzahn ähnlichen Indusium bedeckt. Gattung: Davallia.

Zu den verbreitetsten Farnen gehört bei uns Polypodium vulgare (Fig. 250). Dasselbe hat einen mit braunen Spreuschuppen dicht bedeckten, kriechenden rhizomartigen Spross, welcher auf dem Rücken zwei Zeilen langgestielter Blätter trägt mit ei-lanzettlicher, tief fiedertheiliger Spreite. Die Abschnitte des Blattes haben auf der Unterseite zwei Reihen rundlicher, bei der Reife brauner Sori. Von den Asplenieen kommt das fast über die ganze Welt verbreitete Athyrium Filix femina auch bei uns häufiger vor. Es trägt an dem schief aufsteigenden, reichbewurzelten Spross doppelt gefiederte Blätter mit lineal-lanzettlichen, fiederspaltigen Fiederchen, deren Lappen nach vorne gekrümmt und gezähnt sind. Die wenig in die Länge gezogenen Sori haben ein seitliches Indusium, welches erhalten bleibt. Die zu den Aspidieen zu stellende Art Aspidium Filix mas gehört seit Dioscorides Zeiten zum Arzneischatz; der Spross, Rhizoma Filicis, liefert ein Medicament, welches auch heute noch als sicher wirkendes Mittel gegen Würmer in hohem Ansehen steht. Das grosse, dicke Rhizom des Farns steht schief aufrecht und trägt doppelt gefiederte Blätter mit länglichen, stumpfen, gekerbten Fiederchen. Blattstiel und Mittelrippe sind mit braunen Spreuschuppen bedeckt. Die grossen, rundlichen Sori stehen in zwei Reihen auf der basalen Hälfte der Fiederchen und sind mit einem oberständigen, nierenförmigen, in der Bucht befestigten Indusium versehen. Zur Unterscheidung der Art von der vorher genannten Athyrium Filix femina möge noch angeführt sein, dass bei Aspidium filix mas auf dem Querschnitt des Blattstieles die Gefässbündel mit blossem Auge als acht bis zwölf rundliche Punkte erscheinen, während im Blattstiel von Athyrium nur zwei bandartige Gefässbündel vorhanden sind, welche sich weiter oben zu einem einzigen, im Querschnitt hufeisenförmigen Bündel vereinigen.

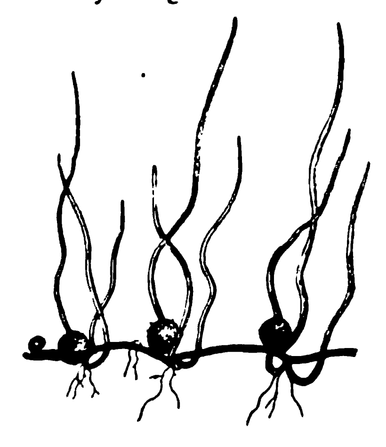
Die kleine Familie der **Osmundaceen** hat kurz und dick gestielte, schief ei- bis birnförmige Sporangien, deren Annulus auf eine hochseitenständige Gruppe dickwandiger Zellen reducirt ist. Die einzige bei uns einheimische Art der Familie, Osmunda regalis, hat grosse, länglich eiförmige, doppelt gefiederte, sterile Blätter. Die fertilen Blätter sind im unteren Theil ebenso beschaffen, ihr oberer Theil bildet aber eine dreifachgefiederte Rispe ohne deutliche Laubausbreitung, welche dicht mit rostrothen Sporangien bedeckt ist.

c) Die **Hydropteriden** oder **Wasserfarne**, so genannt, weil sie im Wasser oder doch auf sumpfigem Boden wachsen, sind wie die eigentlichen Farne leptosporangiat, sie unterscheiden sich von den letzteren

aber wesentlich dadurch, dass in verschiedenen Sporangien zweierlei Sporen, Mikrosporen und Makrosporen, erzeugt werden. Die einschichtige Sporangienwand ist ohne Annulus. Die Mikro- und Makrosporangien sind entweder für sich oder untermischt zu Sori vereinigt, welche in bohnenförmige oder kugelige, aus umgewandelten Blattzipfeln hervorgegangene Sporokarpien eingeschlossen sind. Aus den Mikrosporen gehen männliche, aus den Makrosporen weibliche Prothallien hervor. Dieselben sind rudimentär und bleiben ganz oder theilweise von der Sporenwand umhüllt.

Familien: Salviniaceae, Marsiliaceae.

Die **Salviniaceen** sind kleine einjährige Pflanzen mit horizontal schwimmendem Spross. Die einzige in der heimischen Flora vertretene Gattung Salvinia ist völlig wurzellos. Die Blätter stehen in dreizähligen Quirlen. Je zwei Blätter jedes Quirls sind oval und ungetheilt und flach auf der Wasseroberfläche ausgebreitet; das dritte Blatt ist in viele, mit zarten Haaren besetzte, fadenförmige Zipfel zertheilt, welche in dichtem Büschel in's Wasser hinabhängen. Die kugeligen Sporocarpien, welche entweder nur Mikrosporangien oder nur Makrosporangien enthalten, stehen zu kleinen Gruppen vereinigt an den untergetauchten Blättern. Salvinia natans findet sich sehr zerstreut auf stehenden und langsam fliessenden Gewässern in Mittel- und Süddeutschland.



Figur 251.

Pilularia globulifera.

Die **Marsiliaceen** haben einen horizontal kriechenden, an der Bauchseite bewurzelten Spross, welcher die aufrechten Blätter in zwei alternirenden Reihen trägt. Die Sporocarpien entspringen einzeln oder zu mehreren aus dem unteren Theil des Blattes. Sie enthalten stets mehrere Sori, in denen Mikrosporangien und Makrosporangien nebeneinander stehen. Die beiden hierher gehörenden Gattungen sind auch in Deutschland vertreten. Pilularia globulifera mit fadenförmigen, Blättern und kugeligen, vierfächerigen Sporocarpien, wächst an Seen und Gräben, besonders auf Torfgrund (Fig. 251). Marsilia quadrifolia hat langgestielte Blätter, deren kleeblattähnliche Spreite aus zwei Paaren breitkeilförmiger Fiederblättchen zusammengesetzt ist. Die bohnenförmigen Sporocarpien entspringen zu zwei oder drei oberhalb der Blattstielbasis. Marsilia wächst sehr vereinzelt in Süddeutschland in Sümpfen und Gräben.

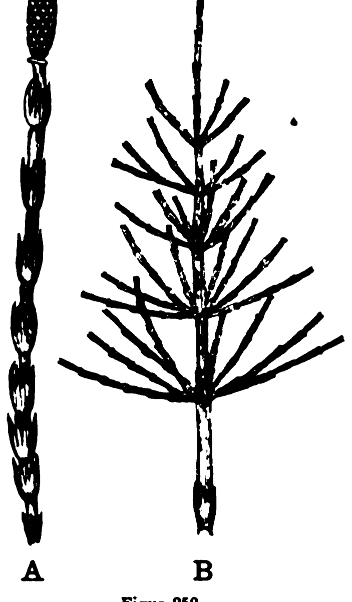
Zweite Reihe: **Die Equisetinen.**

Die Sprosse der Equisetinen sind reich verzweigt uud knotig gegliedert. An den mit hohlen Internodien abwechselnden Knoten stehen Wirtel von kleinen Blättern, welche zu gezähnten Scheiden verbunden sind. Die Sporangien entstehen an schildförmigen Blättern, welche am Sprossgipfel zu ährenartigen Sporangienständen vereinigt sind.

Die Equisetinen bilden eine einzige Familie: Equisetaceae.

Die **Equisetaceen** oder Schachtelhalme, welche allein von der artenarmen Gattung Equisetum vertreten werden, sind eusporangiat, d. h. ihre Sporangien gehen aus einer Gruppe von Zellen hervor, wie diejenigen der Marattiaceen und

Ophioglosseen. Die Sporangien enthalten nur einerlei Sporen, welche von je zwei bandartigen Elateren umhüllt sind. Die Prothallien sind trotzdem diöcisch, indem die schwächer entwickelten nur Antheridien, die kräftigeren nur Archegonien tragen. Bei einigen Arten sind die fertilen Sprosse der ungeschlechtlichen Pflanze von den sterilen in Form und Farbe verschieden. Die fertilen Sprosse gehen dann entweder nach der Sporenreife zu Grunde oder sie werden nachträglich durch Entwickelung grüner Zweige zu vegetativen Sprossen. Von den elf deutschen Arten ist Equisetum arvense bei uns überall gemein (Fig. 252). Die zuerst erscheinenden fertilen Sprosse sind röthlich gefärbt und unverzweigt, sie vertrocknen nach der Ausstreuung der Sporen. Später treten reichverzweigte, grüne, sterile Sprosse auf, welche ausdauern. Die sterilen Sprosse von Equisetum arvense und einige andere Equisetumarten können wegen des reichen Kieselgehaltes der epidermalen Zellwände zum Scheuern von Zinngefässen und zum Poliren von Holz und Horn verwendet werden.



Figur 252.

Equisetum arvense. A fertiler, B steriler Spross.

Dritte Reihe: **Die Lycopodinen.**

Die oft reichverzweigte, selten einfache Sprossachse ist mit zahlreichen einfachen, meist kleinen Blättern besetzt, welche von einem unverzweigten Mittelnerven durchzogen sind. Die Sporangien stehen einzeln am Grunde von wenig oder nicht veränderten Laubblättern, oder sind etwas auf die Oberfläche der Sprossachse hinübergerückt. Häufig sind die fertilen Blätter zu endständigen Aehren vereinigt.

Wir unterscheiden zwei Ordnungen:

a) Isosporeae, b) Heterosporeae.



Figur 253.

Lycopodium clavatum.

a) Die **isosporen Lycopodinen** haben nur einerlei Sporen. Die monöcischen Prothallien, welche, soweit bekannt, ganz oder theilweise unterirdisch leben, sind gross und selbständig und bleiben nicht von der Sporenhaut umhüllt. Die Antheridien sind in das Prothallium eingesenkt.

Familie: Lycopodiaceae.

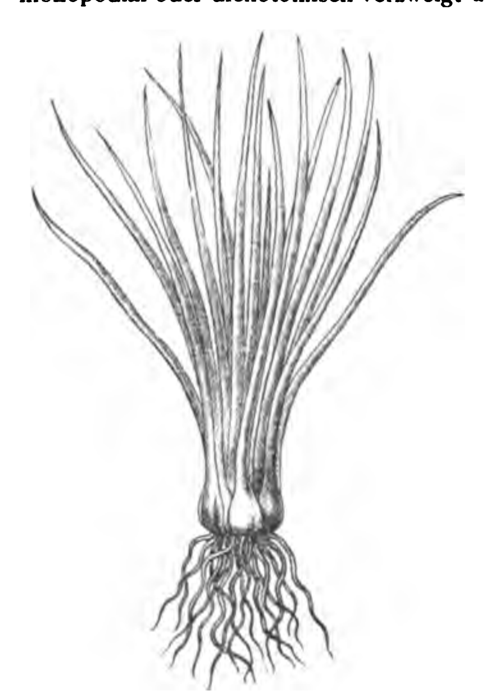
Von den zur Familie der **Lycopodiaceen** gehörigen Gattungen ist nur die Gattung Lycopodium in unserer Flora vertreten. Der Habitus der Lycopodien ist moosartig. Die Sporophylle

sind am Sprossgipfel zu ährenförmigen Fruchtständen vereinigt. Jedes derselben trägt auf seiner Basis ein einziges, nierenförmiges Sporangium, welches sich bei der Reife durch einen Querriss öffnet. Lycopodium clavatum, der gemeine Bärlapp (Fig. 253), hat einen weithin kriechenden, monopodial verzweigten, wurzelnden Stengel, welcher ringsherum dicht mit kleinen Blättern besetzt ist. Die fertilen Aeste sind aufrecht und spärlicher beblättert und tragen an ihrem Gipfel zwei oder mehr Sporangienähren, deren Sporophylle von den Laubblättern verschieden sind. Die tetraëdrischen Sporen werden eingesammelt und sind unter dem Namen Bärlappsamen, Lycopodium, officinell.

b) Die **heterosporen Lycopodinen** haben Mikrosporen und Makrosporen, welche in verschiedenen Sporangien zur Ausbildung kommen. Jedes Sporophyll trägt ein Sporangium. In der Nähe des Sporangiums entspringt aus dem Sporophyll eine häutige Schuppe, die Ligula. Die Prothallien sind klein und rudimentär und bleiben während ihrer ganzen Entwickelung ganz oder theilweise von der Sporenhaut umschlossen.

Familien: Selaginellaceae, Isoëtaceae.

Der Spross der **Selaginellaceen** ist dünn und schlank, meist reichlich monopodial oder dichotomisch verzweigt und mit kleinen flachen Blättern besetzt. Die Sporophylle bilden endständige, meist prismatisch vierkantige, seltener cylindrische Aehren (vergl. Fig. 206). Die kugeligen Mikrosporangien enthalten zahlreiche Mikrosporen; in den etwas grösseren Makrosporangien werden nur je vier kugeltetraëdrische Makrosporen ausgebildet. Die einheimischen Arten Selaginella helvetica und S. spinulosa kommen in Norddeutschland seltener, in Süddeutschland, besonders im Alpengebiet ziemlich häufig vor.



Figur 254.

Isoëtes lacustris.

Die Familie der **Isoëtaceen** ist bei uns nur durch zwei im Wasser lebende, seltene Arten, Isoëtes lacustris und I. echinospora, vertreten. Sie besitzen einen kurzen, unverzweigten, aufrecht stehenden Spross ohne Internodien. Die gewöhnlich bis 15 cm langen, binsenartigen Blätter stehen dicht gedrängt in spiraliger Anordnung. Die Sporangien sind in eine grubige Vertiefung der scheidenförmig erweiterten Blattbasis eingesenkt und von dem häutigen Rand der Grube theilweise überdeckt. Die Pflanzen sind ausdauernd und erzeugen in jeder Vegetationsperiode neue Blätter. Die äussersten Blätter tragen Makrosporangien, darauf folgen Blätter mit Mikrosporangien; die innersten Blätter der Rosette sind steril. Die Sporangien sind unvollkommen gefächert, indem der Sporenraum von vorne nach hinten von Zellplatten oder Balken, den sogenannten Trabeculae, durchzogen wird.

IV. Die Gymnospermen.

Die Gymnospermen sind Bäume oder Sträucher mit typischen Gefässbündeln und sekundärem Dickenwachsthum in Spross und Wurzel. Die Sporophylle sind an einzelnen Sprossen oder Sprossabschnitten zu eingeschlechtigen Blüthen vereinigt. Die Samenanlagen der weiblichen Blüthen sitzen frei auf der Oberfläche ausgebreiteter nicht verwachsener Fruchtblätter. Aus den Samenanlagen werden nach der vermittelst eines Pollenschlauches erfolgten Befruchtung Samen, in denen der aus einer befruchteten Eizelle hervorgegangene von Endosperm umhüllte Embryo eine Ruhezeit durchmacht.

Die Gruppe umfasst drei Reihen:

1. Cycadeae (Seite 283), 2. Coniferae (Seite 283),
3. Gnetaceae (Seite 285).

Erste Reihe: **Die Cycadeen.**

Die Sprossachse der Cycadeen ist meist unverzweigt. Die grossen fiederförmig verzweigten farnblattähnlichen Blätter sind spiralig angeordnet. In dem durch sekundäres Dickenwachsthum erzeugten Holz sind keine typischen Gefässe sondern nur Tracheïden vorhanden.

Die Cycadeen bilden eine einzige gleichnamige Familie.

Die wenigen zur Familie der **Cycadeen** gehörigen artenarmen Gattungen Cycas, Encephalartos, Zamia, Ceratozamia u. a. leben nur in den warmen Zonen. Cycas revoluta wird bei uns viel in Warmhäusern gezogen; seine stattlichen, immergrünen Blätter werden unter der falschen Bezeichnung als Palmwedel von den Gärtnern zu Trauerkränzen verwendet.

Zweite Reihe: **Die Coniferen.**

Die Sprossachse der Coniferen ist reich verzweigt, die meist nadel- oder schuppenförmigen Blätter stehen spiralig oder in alternierenden Quirlen. Der Gefässtheil der Bündel und das durch sekundäres Dickenwachsthum gebildete Holz enthält nur Tracheïden, keine Gefässe.

Die Familien gruppieren sich in zwei Ordnungen:

a) Pinoideae, b) Taxoideae.

a) Die **Pinoideen** haben vollkommene Zapfen, das heisst, die weiblichen Blüthen bestehen aus einer Anzahl von schuppenartigen Fruchtblättern welche spiralig oder in Wirteln an einer gemeinsamen Achse stehen. Die Samenschale der Pinoideen ist lederartig, holzig oder knochenhart.

Familien: Cupressaceae, Taxodiaceae, Araucariaceae, Abietaceae.

In der Familie der **Cupressaceen** sind die nadel- oder schuppenförmigen Blätter und die Zapfenschuppen in zwei- oder mehrzähligen Quirlen angeordnet. Die orthotropen Samenanlagen sitzen selten einzeln, meist zu zwei oder mehreren auf einer schwachen Hervorragung an der Basis des Fruchtblattes. Ein einheimischer, überall verbreiteter Vertreter der Familie ist Juniperus communis, der Wachholder (Fig. 255). Die Pflanze ist strauchartig, selten baumförmig. Die nadel-



Figur 255.

Zweig von Juniperus communis mit weiblichen Blüthen und Früchten.

förmigen Blätter stehen in dreizähligen Quirlen. Die Blüthen sind diöcisch vertheilt. Der Zapfen hat nur einen einzigen dreizähligen Quirl von Fruchtblättern, von denen drei Samenanlagen umschlossen sind. Der anfangs grüne Zapfen wird später zu einer wenig saftigen, schwärzlichen, blaubereiften Beere. Die Wachholderbeeren sind als Fructus Juniperi officinell. Die früher ebenfalls officinelle Juniperus Sabina hat schuppenförmige Blätter in vorherrschend zweizähligen Quirlen. Männliche und weibliche Blüthen stehen auf demselben Strauch. Die Zapfen haben zwei oder drei Fruchtblattquirle und werden wie bei der vorigen Art zu runden, schwarzen Beeren. Manche ausländische Arten der ebenfalls zu den Cupressaceen gehörigen Gattungen Cupressus, Thuja, Biota u. a., werden als beliebte Zierbäume bei uns gezogen.

Bei den **Araucariaceen** sind Blätter und Zapfenschuppen spiralig gestellt, jedes Fruchtblatt ist einfach und trägt auf seiner Innenseite eine einzige anatrope Samenanlage. In der einheimischen Flora ist die Familie nicht vertreten; Dammara alba und D. splendida liefern mit anderen südindischen Bäumen das officinelle Dammarharz, die Resina Dammar der Pharmacopöe.

Zu der Familie der **Abietaceen** gehört eine Anzahl einheimischer Waldbäume mit nadelförmigen Blättern, es handelt sich um die Gattungen Pinus, Larix, Picea und Abies. Allen gemeinsam ist, dass die spiralig gestellten Fruchtblätter aus zwei nur an der Basis verbundenen Theilen bestehen. Der zur Basis des Zapfens hin geneigte Theil wird Deckschuppe genannt. Der zur Spitze hin gewendete Theil, die Samenschuppe, trägt zwei Samenanlagen. Die reifen Samen sind von einem flügelartigen Hautrand umgeben. Die Arten der Gattung Pinus haben Lang- und Kurztriebe. An den letzteren stehen ausser einigen häutigen Schuppen nur wenige wintergrüne Nadeln. Bei Larix sind ebenfalls Lang- und Kurztriebe vorhanden (Fig. 36). Die Nadeln der letzteren stehen in grosser Zahl büschelig beieinander, sie sind weich und fallen im Herbst ab. Die Gattung Picea hat nur einerlei Sprosse. Die wintergrünen Nadeln sind vierkantig. Die Zapfen hängen mit der Spitze nach unten und lösen sich bei der Reife



Figur 256.
Zweig von Pinus silvestris mit männlichen Blüthen.

ganz ab. Abies hat ebenfalls nur Langtriebe und wintergrüne Nadeln. Die letzteren sind aber flach. Die Zapfenspindel bleibt bei der Samenreife am Baum sitzen, die Zapfenschuppen lösen sich einzeln von derselben ab. Pinus silvestris, unsere gemeine Kiefer, trägt zwei Nadeln an jedem Kurztrieb (Fig. 256). Manche Pinusarten sind officinell. Pinus silvestris liefert Holztheer (Pix liquida), P. Laricio und P. Pinaster werden zur Terpenthin-Gewinnung benutzt, letztere, sowie P. australis und P. Taeda liefern Terpenthinöl und Colophonium. Larix europaea, die gemeine Lärche, kommt bei uns nur in kleinen Beständen als Waldbaum vor. Larix sibirica, ein der vorigen Art sehr nahestehender Baum Nordrusslands und Sibiriens, findet, wie Pinus silvestris, zur Gewinnung von Holztheer Verwendung. Picea vulgaris, die gemeine Fichte, ist der häufigste Waldbaum unserer deutschen Gebirge. Seine Krone ist regelmässig kegelförmig; die vierkantigen, stachelspitzigen Nadeln stehen einzeln und zerstreut und sind rings um die Zweige gleichmässig ausgebreitet. Junge Fichten werden als Weihnachtsbäume verwendet. Die Gattung Abies ist in unseren Wäldern durch die Edeltanne, Abies pectinata, vertreten. Die Nadeln der Edeltanne sind flach, an der Spitze ausgerandet, unterseits mit zwei weissen Linien versehen. Sie stehen in spiraliger Anordnung, durch Krümmung gewinnen sie indess an den Zweigen eine anscheinend zweizeilige Stellung. Manche ausländische Arten, wie Abies Nordmanniana, A. balsamea u. a. m., werden bei uns als Zierbäume gezogen.

b) Die **Taxoideen** haben meist nur wenige Samenanlagen in den weiblichen Blüthen. Die Zapfenbildung ist unvollkommen oder fehlt gänzlich. Die Umhüllung des reifen Samens ist weich und fleischig.

Familie: Taxaceae.

Die Familie der **Taxaceen** ist bei uns durch den Eibenbaum, Taxus baccata, vertreten, der sich wildwachsend nur noch vereinzelt findet, vielfach aber in Anlagen zu Hecken und Lauben oder zu Formbäumen gezogen wird. Die Ausbildung von Fruchtblättern ist bei Taxus gänzlich unterdrückt. Die weibliche Blüthe besteht nur aus einer Samenanlage, welche auf der Spitze eines kurzen Seitenzweiges steht. Der reife Same ist von einem fleischigen, leuchtend roth gefärbten Arillus umgeben.

Figur 257.
Zweig von Taxus baccata mit weiblichen Blüthen und Früchten.

Dritte Reihe: **Die Gnetaceen.**

Die wenigen Arten der Reihe haben sehr verschiedene Gestalt. Gemeinsam ist allen das Auftreten von Hüllblättern an den Blüthen und das Vorkommen echter Gefässe in dem durch sekundäres Dickenwachsthum gebildeten Holzkörper.

Die Reihe umfasst nur eine gleichnamige Familie.

Die Familie der **Gnetaceen** wird von drei Gattungen Gnetum, Ephedra und Welwitschia gebildet, von denen in Europa nur eine, Ephedra, in Deutschland keine vertreten ist. Ephedra distachya erinnert im Habitus an die Equiseten. Die langen, dünnen, reichverzweigten Stengel sind gegliedert, die kleinen Blätter bilden an den Stengelknoten zweizähnige Scheiden. Die männlichen

Blüthen bestehen aus zwei bis acht zu einer Säule verbundenen Staubblättern, welche von einer zweitheiligen, verwachsenblättrigen Hülle umgeben sind. Die die Samenanlagen umgebenden Hochblätter werden bei der Samenreife zu einer fleischigen, rothgefärbten Hülle. Die im Südwesten von Afrika lebende Wüstenpflanze Welwitschia mirabilis hat einen rübenähnlichen Spross, der nur aus dem secundär verdickten Hypokotyl besteht und bis zu vier Meter Umfang erreicht. Die beiden zuerst entwickelten Blätter des Sprosses sind ausdauernd und bilden während der ganzen Lebenszeit der Pflanze die einzigen Laubblätter. Sie sind breit riemenförmig, von lederartiger Beschaffenheit und verlängern sich unausgesetzt durch intercalares Wachsthum. In der Achsel der Blätter entspringen die Blüthensprosse. Die Arten der Gattung Gnetum nähern sich in dem Bau ihres Vegetationskörpers schon sehr den Dicotyledonen; sie haben derbe, lanzettliche, fiedernervige Laubblätter. Gnetum Gnemon wird wegen der geniessbaren Blätter und Früchte von den Eingeborenen der ostindischen Inseln angebaut.

V. Die Monocotyledonen.

Die Monocotyledonen sind meist Kräuter, seltener Bäume oder Sträucher. Die Blätter sind gewöhnlich ungestielt, einfach und ganzrandig, mit parallelen oder bogenförmigen Nerven. Nebenblätter sind nicht vorhanden. Die Gefässbündel, welche den ganzen Vegetationskörper durchziehen, sind geschlossen und meist scheinbar regellos über den Querschnitt des Sprosses vertheilt. Unter den seitlichen Blüthen steht gewöhnlich ein einziges Vorblatt. Zahl- und Stellungsverhältnisse der Blüthen lassen sich häufig auf die Formel

$$P\,3+3\quad A\,3+3\,G\,3$$

zurückführen. Die Samenanlagen sind in einen aus den Fruchtblättern gebildeten Fruchtknoten eingeschlossen. Der Embryo des reifen Samens hat einen Cotyledon.

Die Monocotyledonen gruppiren sich in sechs Reihen:

1. Liliiflorae (Seite 286).
2. Spadiciflorae (Seite 288).
3. Glumiflorae (Seite 290).
4. Scitamineae (Seite 291).
5. Gynandrae (Seite 292).
6. Helobiae (Seite 293).

Erste Reihe: **Die Liliifloren.**

Die Blüthenhülle ist ein Perigon aus meist grossen, kronblattartig gefärbten Blättern, welche je zu dreien in zwei alternirenden Kreisen stehen. Das Androeceum ist gleichfalls aus zwei dreizähligen, alternirenden Blattkreisen gebildet; bisweilen fehlt ein Staubblattkreis. Das Gynaeceum besteht aus drei miteinander verwachsenen Fruchtblättern, die Samen enthalten Endosperm.

Wir unterscheiden zwei Ordnungen:

a) Carnosae. b) Farinosae.

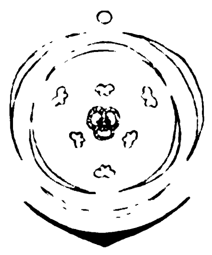
a) Die **Carnosen.** Die Samenanlagen sind meist deutlich anatrop, das Endosperm ist fleischig oder knorpelig.

Familien: Liliaceae, Haemodoraceae, Amaryllidaceae, Iridaceae, Dioscoraceae, Taccaceae.

Die Familie der **Liliaceen** ist durch ihre durchaus regelmässigen Blüthen mit oberständigem Fruchtknoten ausgezeichnet. Die Blüthen entsprechen der Formel:

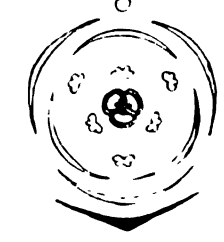
$$P\,3 + 3\,A\,3 + 3\,G\,\underline{(3)}.$$

Selten tritt statt der Dreizahl die Vierzahl in allen Kreisen auf. Die meisten Liliaceen sind krautartige Pflanzen mit ausdauernden Rhizomen oder mit Zwiebelbildung; nur wenige, wie die bei uns als Ziergewächse bekannten Arten von Yucca und Dracaena, sind ausdauernde holzige Pflanzen, die zum Theil baumartige Formen erreichen und ein secundäres Dickenwachsthum des Stammes zeigen. Nach der Ausbildung der Frucht unterscheidet man drei Unterfamilien:


Figur 258.
Ornithogalum umbellatum.

1. Lilieae. Die Frucht ist eine loculicide Kapsel. Die Antheren sind intrors. Gattungen: Tulipa, Fritillaria, Lilium, Allium, Ornithogalum, Scilla, Urginea, Hyacinthus, Aloë, Yucca (Fig. 258).
2. Melanthieae. Die Frucht ist eine septicide Kapsel. Die Antheren sind extrors. Gattungen: Colchicum, Veratrum, Sabadilla, Tofieldia (Fig. 259).
3. Smilaceae. Die Frucht ist eine Beere. Gattungen: Convallaria, Majanthemum, Asparagus, Paris, Ruscus, Smilax, Dracaena.

Die meisten der genannten Gattungen sind auch in der einheimischen Flora vertreten. Viele Arten werden ihrer schönen Blätter und Blüthen wegen als Ziergewächse gezogen; andere, besonders Arten von Allium und Asparagus officinalis, sind Küchengewächse. Einige Liliaceen sind officinell. Urginea maritima liefert die Meerzwiebel, Bulbus Scillae der Pharmacopöe; der eingekochte Saft der Blätter verschiedener Aloëarten, besonders von Aloë ferox und A. africana, bildet die unter dem Namen Aloë geführte Droge. Die Herbstzeitlose, Colchicum autumnale, liefert den Zeitlosensamen, Semen Colchici. Die weisse Nieswurzel, Rhizoma Veratri, stammt von Veratrum album; verschiedene mittelamerikanische Smilaxarten liefern die Sarsaparille, Radix Sarsaparillae.


Figur 259.
Colchicum autumnale.

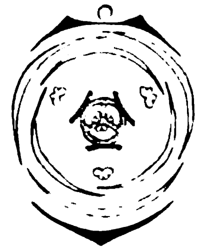
In der Familie der **Amaryllidaceen** sind die Blüthen ebenso regelmässig gebaut, als bei den Liliaceen, der Fruchtknoten ist aber stets unterständig, so dass den hierher gehörenden Arten die Formel:

$$P\,3 + 3\,A\,3 + 3\,G\,\overline{(3)}$$

zukommt. Als Beispiel möge das Schneeglöckchen, Galanthus nivalis, genannt sein und die bei uns als Gartenzierpflanzen cultivirten Narcissen, Narcissus poeticus und N. Pseudonarcissus.

Die Familie der **Iridaceen** ist charakterisirt durch das Fehlen des inneren Staubblattkreises und den unterständigen, dreifächerigen Fruchtknoten mit drei oberwärts getrennten Narben (Fig. 260). Ihre Formel lautet also:

$$P\,3 + 3\,A\,3 + 0\,G\,\overline{(3)}.$$


Figur 260.
Iris.

Die Gattung Iris hat ein fleischiges, verzweigtes, horizontal kriechendes Rhizom, die oberirdischen Sprosse tragen zwei Zeilen von schwertförmigen Blättern, der Blüthenstand ist eine Fächel. Die drei Lappen des Griffels sind kronblattartig ausgebildet und über die drei Staubblätter hergeneigt. Die gelbblühende Iris Pseudacorus ist bei uns in Sümpfen, an Teichen und Gräben häufig. Manche Arten von Iris werden bei uns als Zierpflanzen gezogen. Iris germanica, I. pallida und I. florentina liefern die Veilchenwurzel, Rhizoma Iridis der Pharmacopöe. Die Gattung Crocus besitzt einen kurzen, aufrechten, am unteren Ende

knolligen Spross mit linealen Blättern und einer endständigen Blüthe. Das Perigon ist verwachsenblättrig, trichterförmig. Die drei Staubblätter sind dem Schlund der Blüthe eingefügt, die fleischigen Narben sind breit keilförmig. Die gesättigt braunrothen Narben von Crocus sativus sind officinell. Die Droge wird als Safran, Crocus, bezeichnet.

b) Die **Farinosen** haben meist orthotrope Samenanlagen. Das Endosperm der reifen Samen ist mehlig.

Familien: Restiaceae, Eriocaulaceae, Bromeliaceae, Commelinaceae, Pontederiaceae.

Die hierher gehörenden Familien werden meist von wenigen Gattungen gebildet, sie sind in der einheimischen Flora nicht vertreten. Zu den **Commelinaceen** gehören die bei uns als Zierpflanzen gezogenen Tradescantien.

Zu den **Bromeliaceen** gehört die aus Centralamerika stammende Ananas, Ananas sativus, welche wegen der saftigen, aromatischen, zu einem ährenförmigen Fruchtstand vereinigten Früchte geschätzt wird.

Zweite Reihe: **Die Spadicifloren.**

Die Blüthen sind meist eingeschlechtig ohne Blüthenhülle oder mit kleinem, unscheinbarem Perigon. Der Blüthenstand ist ein Spadix oder eine Rispe mit dicken Zweigen und wird gewöhnlich von einer blumenblattartigen Spatha umhüllt. Der Same ist meist gross und endospermreich und enthält einen geraden Embryo.

Wir unterscheiden drei Ordnungen:

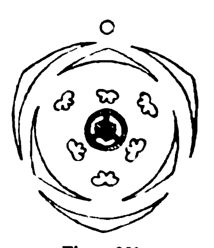
a) Spathiflorae. b) Principes. c) Pandanales.

a) Die **Spathifloren.** Das Perigon ist, wenn überhaupt vorhanden, aus einem oder zwei Blattkreisen gebildet. Androeceum und Gynaeceum sind bisweilen auf ein Staubblatt beziehungsweise auf ein Fruchtblatt reducirt. Der Blüthenstand ist eine Spatha mit Spadix. Der Spross ist meist sympodial verzweigt, selten stammbildend.

Familien: Araceae, Lemnaceae.

Die **Araceen** sind ganz kahle, meist mehrjährige Kräuter mit Knollen oder ausdauernden Rhizomen. Die Blüthen sind klein und unscheinbar, die Frucht ist fast immer eine Beere. Man kann zwei Unterfamilien unterscheiden:

1. Die Areen haben eingeschlechtige Blüthen. Die unteren Blüthen des Kolbens sind weiblich, die oberen männlich. Gattungen: Arum, Colocasia, Caladium.
2. Die Orontieen haben zweigeschlechtige Blüthen. Gattungen: Acorus, Anthurium, Calla, Richardia, Monstera.



Figur 261.

Acorus Calamus.

Arum maculatum mit glänzend grünen, oft braungefleckten, spiess-pfeilförmigen, grundständigen Blättern wächst bei uns in schattigen Laubwäldern. Colocasia esculenta wird wegen ihrer geniessbaren, rübenartigen Knollen fast in allen Tropenländern angebaut. Viele Arten von Caladium sind wegen ihrer schönen, schildförmigen Blätter mit herzpfeilförmigem Umriss als Zierpflanzen beliebt. Acorus Calamus ist im fünfzehnten Jahrhundert in Deutschland als Nutzpflanze eingeführt worden und wächst jetzt überall in Sümpfen und Gräben wild (Fig. 261). An dem wagerecht

kriechenden, schwammig fleischigen Wurzelstock erheben sich über 1 Meter hohe Laubblattbüschel von schmal linealen, schwertförmigen Blättern. Der Blüthenspross trägt an der Spitze einen fleischigen, dicht mit Zwitterblüthen besetzten Kolben; indem aber die lange, laubblattartige Spatha sich in die Verlängerung der Sprossachse stellt, wird der Spadix zur Seite gedrängt, so dass er seitlich an dem stielartigen Theil eines Blattes zu stehen scheint. Das Rhizom ist officinell und wird in der Pharmacopöe als Kalmuswurzel, Rhizoma Calami bezeichnet. Calla palustris mit porzellanweisser Spatha und rothen Beeren ist eine nicht gerade häufig vorkommende, einheimische Sumpfpflanze. Die aus Afrika stammende Richardia aethiopica wird wegen ihrer schönen Blätter und der grossen tutenförmigen, porzellanweissen Spatha häufig unter dem Namen Calla im Zimmer als Topfpflanze gezogen. Monstera deliciosa hat, wie Fig. 25 zeigt, durchlöcherte Blätter und lange Luftwurzeln. Sie ist gleichfalls als Zierblattpflanze beliebt.

Die **Lemnaceen** sind sehr kleine, frei schwimmende Wasserpflanzen mit sehr reducirtem, thallusartigem Spross. Lemna polyrrhiza, L. minor und L. trisulca, welche bei uns als Wasserlinsen oder Entengrütze bezeichnet werden, überziehen häufig in dichter Lage die ganze Oberfläche von Teichen und Gräben.

b) Die **Principes.** Die Blüthen sind meist eingeschlechtig. Staubblätter sechs, seltener drei, häufiger neun oder mehr. Das Gynaeceum besteht aus drei meist verwachsenen Fruchtblättern, die Blüthen stehen an einfachen oder rispig verzweigten Kolben.

Familie: Palmae.

Die **Palmen** sind zum Theil mehr oder minder hochstämmige Bäume mit unverzweigtem Stamm, zum Theil lianenartig kletternde Gewächse der Tropen. Der Spross ist meistens unverzweigt. Die Blätter sind in der Knospenlage dicht gefaltet und unverzweigt, indem aber an den Kanten der Falten ein Gewebestreifen abstirbt, lösen sich die Blätter in einzelne Abschnitte auf, so dass handförmig getheilte oder gefiederte Blattflächen zu Stande kommen. Zu den Fiederpalmen gehören Cocos nucifera, ein Küstenbaum aller tropischen Länder, dessen grosse, eiförmige, stumpf dreikantige Früchte als Kokosnüsse in den Handel kommen, und Phoenix dactylifera, die Dattelpalme, welche in Nordafrika einheimisch ist und selbst noch in Südspanien gedeiht. Zu den lianenartigen Palmen gehört Calamus Rotang in Ostindien, dessen schlanke, biegsame Stämme bei uns als spanisch Rohr in den Handel kommen und zu allerlei Flechtwerk, besonders zu Stuhlsitzen, ferner zu Spazierstöcken und zu anderen nützlichen Gegenständen verwendet werden. Die einzige in Europa und zwar im Mittelmeergebiet einheimische Palme ist Chamaerops humilis mit niedrigem Stamm (oft fast gänzlich stammlos) und fächerförmigen, handförmig gespaltenen Blättern.

c) Die **Pandanalen.** Die Blüthen sind eingeschlechtig mit einem bis vielen Staub- oder Fruchtblättern und stehen in zusammengesetzten kugeligen oder kolbenförmigen Blüthenständen.

Familie: Thyphaceae, Pandanaceae.

Die **Typhaceen** sind in der einheimischen Flora durch den überall in Sümpfen und Teichen wachsenden Rohrkolben, Typha latifolia, vertreten. Die weiblichen und die männlichen Blüthen bilden jede Art für sich walzenförmige Kolben. Der gelbe männliche Kolben steht über dem schwarzbraunen, daumendicken weiblichen Kolben an einer halmartigen, ungegliederten Achse, welche lange, linealische Blätter trägt.

Die **Pandanaceen** sind tropische Bäume und Sträucher mit holzigen, gabelig verzweigten, bisweilen von Luftwurzeln gestützten Stämmen und spiralig gestellten, einfachen, dornigen Blättern. Die Blüthen stehen in einfachen oder verzweigten Kolben oder Köpfchen. Gattung Pandanus.

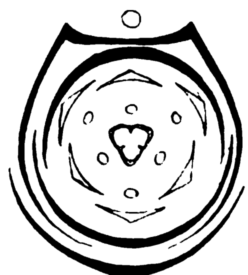
Dritte Reihe: **Die Glumifloren.**

Die Blüthenhülle der kleinen unterständigen Blüthen besteht aus spelzenartigen oder haarähnlichen Gebilden oder fehlt ganz. Das Androeceum besteht aus einem, seltener aus zwei dreizähligen Staubblattkreisen. Der Fruchtknoten ist bei den meisten einfächerig und enthält nur eine Samenanlage, daneben kommen dreifächerige Fruchtknoten mit vielen Samenanlagen vor.

Familien: Juncaceae, Cyperaceae, Gramineae.

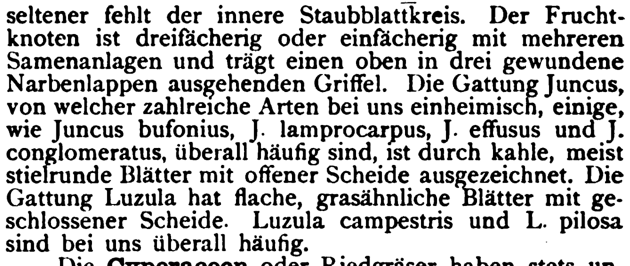
Die Blüthen der **Juncaceen** sind regelmässig gebaut und meist vollständig. Sie entsprechen dem typischen Monocotylendiagramm und der Formel:

$$P\,3 + 3\,A\,3 + 3\,G\,(\underline{3}),$$



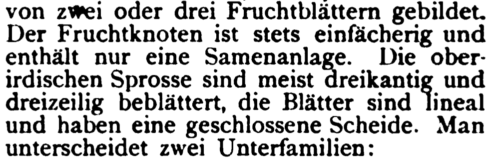
Figur 262.

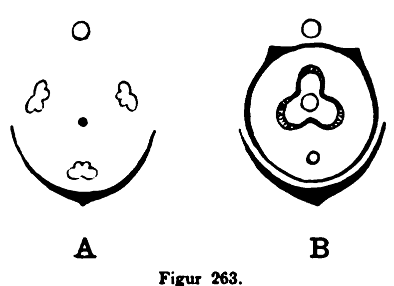
Luzula campestris.



seltener fehlt der innere Staubblattkreis. Der Fruchtknoten ist dreifächerig oder einfächerig mit mehreren Samenanlagen und trägt einen oben in drei gewundene Narbenlappen ausgehenden Griffel. Die Gattung Juncus, von welcher zahlreiche Arten bei uns einheimisch, einige, wie Juncus bufonius, J. lamprocarpus, J. effusus und J. conglomeratus, überall häufig sind, ist durch kahle, meist stielrunde Blätter mit offener Scheide ausgezeichnet. Die Gattung Luzula hat flache, grasähnliche Blätter mit geschlossener Scheide. Luzula campestris und L. pilosa sind bei uns überall häufig.

Die **Cyperaceen** oder Riedgräser haben stets unvollständige Blüthen. Das Perianth fehlt oder wird aus Borsten gebildet, das Androeceum besteht aus drei oder zwei Staubblättern in einem Kreise, das Gynaeceum wird von zwei oder drei Fruchtblättern gebildet. Der Fruchtknoten ist stets einfächerig und enthält nur eine Samenanlage. Die oberirdischen Sprosse sind meist dreikantig und dreizeilig beblättert, die Blätter sind lineal und haben eine geschlossene Scheide. Man unterscheidet zwei Unterfamilien:

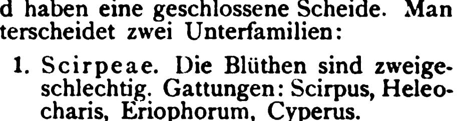




A B

Figur 263.

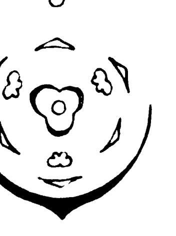
Carex. A männliche, B weibliche Blüthe.



1. Scirpeae. Die Blüthen sind zweigeschlechtig. Gattungen: Scirpus, Heleocharis, Eriophorum, Cyperus.
2. Cariceae. Die Blüthen sind eingeschlechtig und meist zu eingeschlechtigen Aehren vereinigt. Gattung: Carex.

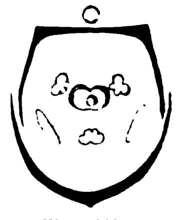
Die Gattungen Scirpus und besonders Carex sind mit vielen, oft schwer zu unterscheidenden Arten bei uns einheimisch. Sie wachsen meist an feuchten Standorten und beeinträchtigen auf Weiden und Wiesen durch Unterdrückung des Graswuchses den Werth des Futters.

Die Familie der **Gramineen** oder Gräser ist sowohl durch den Bau der Blüthen und Blüthenstände, als durch den Habitus der vegetativen Theile gut charakterisirt. Die Blüthen sind stets unvollkommen. Die Blüthenhülle ist auf zwei winzige Schüppchen, die Lodiculae, reducirt, das Androeceum besteht aus drei Staubblättern in einem Kreise. Der Fruchtknoten, welcher nur eine Samen-



Figur 264.

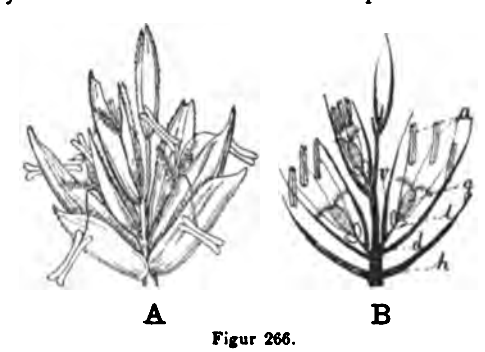
Scirpus silvaticus.



Figur 265.

Gramineen.

anlage enthält, hat zwei federförmige Narben. Statt der fehlenden Blüthenhülle bewirken zwei unter der Blüthe stehende spelzenartige Hochblätter den Schutz der inneren Blüthentheile. Die beiden Hochblätter entsprechen dem Deckblatt und dem Vorblatt anderer Monocotyledonen und werden als Deckspelze bezw. Vorspelze bezeichnet. Die Blüthen der Gramineen stehen zu mehreren an einer gemeinsamen Spindel und bilden ein Aehrchen. Unter der Deckspelze der untersten Blüthe des Aehrchens stehen noch mehrere Spelzen, in deren Achseln keine Blüthen entwickelt werden. Diese als Hüllspelzen bezeichneten Organe bilden eine schützende Hülle für das ganze Aehrchen. Die einzelnen Aehrchen sind entweder stiellos an einer Hauptspindel angeordnet oder sie sind langgestielt und zu rispenartigen Inflorescenzen zusammengestellt. Die oberirdischen Sprosse der Gräser sind stielrunde, meist hohle, knotig gegliederte Halme. Die linealen Blätter mit meist offener Scheide und häutiger Ligula sind in zwei gegenüberstehenden Zeilen angeordnet. Man unterscheidet zwei Unterfamilien:



Figur 266.

A Ein Weizenährchen (nach Müller). **B** Schematische Darstellung der Organanordnung in dem Aehrchen, *h* Hüllspelze, *d* Deckspelze, *v* Vorspelze, *l* Lodiculae, *a* Staubblätter, *g* Fruchtknoten.

1. Panicoideae. Jedes Aehrchen hat an seiner Basis mehr als zwei Hüllspelzen. Gattungen: Oryza, Phalaris, Anthoxanthum, Andropogon, Saccharum, Zea, Panicum.
2. Poaeoideae. Jedes Aehrchen hat nur zwei Hüllspelzen. Gattungen: Milium, Nardus, Agrostis, Holcus, Avena, Poa, Festuca, Triticum, Secale, Hordeum, Lolium, Bambusa.

Eine grosse Anzahl von Gräsern nimmt in hervorragender Weise an der Zusammensetzung unserer Flora theil. Viele Gräser sind weitverbreitete Culturpflanzen, die in ihren stärkereichen Samen wichtige Nahrungsstoffe liefern.

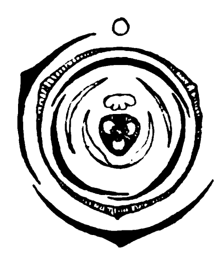
Allbekannt sind Oryza sativa, der Reis; Zea Mais, das Welschkorn; Panicum miliaceum, die Hirse; Avena sativa, der Hafer; Triticum vulgare, der Weizen; Secale cereale, der Roggen; Hordeum vulgare, die Gerste. Andere Gräser dienen auf Wiesen und Weiden zur Futtergewinnung. Saccharum officinarum, das Zuckerrohr, wird überall in der heissen Zone zur Bereitung von Rohrzucker cultivirt.

Vierte Reihe: **Die Scitamineen.**

Die Blüthen der Scitamineen oder Gewürzlilien sind zwitterig und meist zygomorph, seltener unsymmetrisch. Die Blüthenhülle besteht aus einem oder zwei dreigliedrigen Blattkreisen. Das typisch diplostemone Androeceum ist reducirt, im äussersten Falle ist nur ein Staubblatt mit halber Anthere ausgebildet. Der unterständige Fruchtknoten ist meist dreifächerig. Die hierher gehörenden tropischen Gewächse vertheilen sich auf vier Familien: Musaceae, Zingiberaceae, Cannaceae, Marantaceae.

Die **Musaceen** sind tropische Stauden von riesenhaftem Wuchs. Die Blätter sind oft mehrere Meter lang, die Blüthen stehen meist in ährenartigen Blüthenständen in der Achsel grosser Deckblätter. Der Blüthenbau entspricht der Dicotylenformel, das hintere Staubblatt des innern Kreises ist steril oder fehlt ganz. Verschiedene Arten der Gattung Musa werden wegen ihrer als **Bananen** bezeichneten Früchte in den Tropen cultivirt.

Die **Zingiberaceen** haben median zygomorphe Blüthen, welche einzeln in der Achsel des Deckblattes stehen. Vom Androeceum ist nur das hintere Staubblatt des innern Kreises normal entwickelt. Die übrigen Staubblätter des innern Kreises bilden ein kronblattartiges Labellum, die Glieder des äusseren Staubblattkreises sind Staminodien oder fehlen ganz. Die Zingiberaceen haben fast alle ein fleischiges, bisweilen knollenförmig verkürztes Rhizom, aus welchem aufrechte Sprosse mit Laubblättern und mit Blüthen hervorgehen. Einige hierher gehörende Arten sind officinell. Zingiber officinale liefert den Ingwer, Rhizoma Zingiberis. Die Zitwerwurzel, Rhizoma Zedoariae, ist der Wurzelstock von Curcuma Zedoaria. Die Galgantwurzel, Rhizoma Galangae, ist der Wurzelstock von Alpinia officinarum. Die gerundet dreikantigen, kahlen Fruchtkapseln von Elettaria Cardamomum sind die malabarischen Cardamomen, Fructus Cardamomi der Pharmacopöe.



Figur 267.

Zingiberaceen.

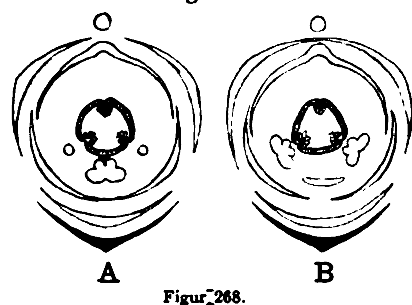
Die unsymmetrischen Blüthen **der Cannaceen** und der **Marantaceen** sitzen paarweise in den Achseln der Deckblätter. Die Glieder der Staubblattkreise sind theilweise kronblattartig ausgebildet, sie sind steril bis auf das median hintere, welches eine halbe Anthere trägt. Die Fruchtknotenfächer der Cannaceen schliessen mehrere Samenanlagen ein, bei den Marantaceen ist nur eine Samenanlage im Fruchtknotenfach vorhanden. Die zu der letzteren Familie gehörende Maranta arundinacea und andere werden ihrer stärkereichen Rhizome wegen in den Tropen angebaut. Die Stärke kommt als Arrow-root in den Handel.

Fünfte Reihe: **Die Gynandrier.**

Die Blüthen sind zwitterig und meist zygomorph, die Perigonblätter stehen in zwei dreigliedrigen Kreisen. Das Androeceum ist typisch diplostemon, meist schlagen die Glieder desselben fehl bis auf ein oder zwei Staubblätter. Das Gynaeceum besteht aus drei Fruchtblättern, welche zu einem unterständigen, einfächerigen Fruchtknoten verwachsen sind.

Familien: Burmanniaceae, Orchideae.

Die Blüthen der **Orchideen** sind medianzygomorph und resupiniren meist, d. h. sie drehen sich während des Aufblühens so, dass die hinteren Blüthentheile nach vorn zu liegen kommen. Das Perigon besteht regelmässig aus zwei dreigliedrigen Kreisen. Das hintere Glied des innern Kreises ist meist als Labellum ausgebildet und oft sehr sonderbar geformt. Vom Androeceum ist gewöhnlich nur das vordere Glied des äusseren Kreises, seltener die beiden vorderen des innern Kreises fruchtbar. Die Staubgefässe sind mit dem Griffel zu einem Gynostemium verwachsen. Von den zahlreichen meist epiphytisch lebenden Arten, welche in den tropischen Ländern heimisch sind, werden viele wegen ihrer schönen und absonderlichen Blüthen bei uns von Liebhabern in Orchideenhäusern cultivirt, einige Gattungen z. B. Orchis, Ophrys, Platanthera, Gymnadenia, Neottia, Epipactis, Cypripedium sind auch in der einheimischen Flora vertreten. Die jungen, kugeligen oder birnförmigen Knollen verschiedener Orchideen des Orients und Deutschlands, z. B. Orchis mascula, O. militaris, O. Morio, O. ustulata, Anacamptis



Figur 268.

A Orchis, **B** Cypripedium.

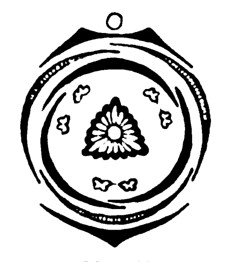
pyramidalis, Platanthera bifolia geben in siedendes Wasser getaucht und getrocknet, den Salep, Tubera Salep der Pharmacopöe. Die nicht ausgereiften Früchte der in Amerika heimischen und in den Tropen häufig cultivirten Vanilla planifolia sind als Vanille, Fructus Vanillae, officinell. Einige einheimische Orchideen, wie Neottia Nidus avis, Coralliorhiza innata u.a. sind chlorophyllfreie Humusbewohner.

Sechste Reihe: **Die Helobier.**

Die Blüthen sind zwitterig. Die Zahl der Blattkreise in der Blüthe ist bald grösser, bald geringer als die für die Monocotylenblüthe typische Fünfzahl. Das Gynaeceum ist aus drei oder mehr Fruchtblättern gebildet und meist apocarp. Der Same ist ohne Endosperm.

Familien: Potamagetonaceae, Iuncagineae, Alismaceae, Hydrocharitaceae.

Die hierhergehörenden Familien sind Sumpf- oder Wasserpflanzen. Die **Potamogetonaceen** leben meist in ruhigen Gewässern untergetaucht oder mit oberflächlich schwimmenden Blättern. Die Blätter sind zweizeilig gestellt. Potamogeton natans ist bei uns in Seen und Teichen überall gemein. Zostera marina wächst überall an den deutschen Küsten. Die Pollen dieser Pflanze sind lang fadenförmig. Die getrocknete Pflanze wird als Seegras zum Polstern von Sitzmöbeln und Matrazen verwendet. Die Blüthenhülle der **Alismaceen** besteht aus Kelch und Krone; auf einen äusseren sechszähligen Staubblattkreis folgen meist mehrere dreizählig und sechs bis viele Fruchtblätter. Bei Alisma Plantago, welches bei uns überall an Gräben und Teichen wächst, ist nur ein Kreis von sechs Staubblättern vorhanden. Die **Hydrocharitaceen** haben eingeschlechtige Blüthen. Der Fruchtknoten ist unterständig, einfächerig, mit parietaler Placentation. Zu dieser Familie gehört Elodea canadensis, die Wasserpest, welche vor ca. sechzig Jahren aus Nordamerika bei uns eingewandert und jetzt überall verbreitet ist. Von einheimischen möge Hydrocharis Morsus ranae, der Froschbiss, als Beispiel genannt sein.



Figur 269.
Alisma Plantago.

VI. Die Dicotyledonen.

Die Dicotyledonen sind Bäume, Sträucher oder Kräuter mit meist gestielten, häufig getheilten oder zusammengesetzten, netznervigen Blättern. Die offenen Gefässbündel sind im Spross zu einem Cylinder angeordnet, der auf dem Querschnitt als Bündelring erscheint. Die Blüthen haben oft zwei seitliche Vorblätter; als typische Blüthenformel kann die Formel

Kn Cn An + n G o — n

angesehen werden, wobei n meist gleich 5 seltener gleich 2, 4 oder 6, nur ausnahmsweise gleich 3 ist. Die Samenanlagen sind in einen Fruchtknoten eingeschlossen. Der Embryo hat zwei Cotyledonen.

Die Dicotyledonen lassen sich in zwei Abtheilungen trennen:

A. Choripetalae, B. Sympetalae.

In der ersteren Abtheilung sind alle diejenigen Formen zusammengestellt, bei denen die Krone aus freien Blättern gebildet wird oder gänzlich

fehlt. Die Sympetalen besitzen dagegen eine in der Anlage stets aus zwei Kreisen gebildete Blüthenhülle; der äussere Kreis bildet den Kelch, der innere Kreis bildet eine Krone, deren Blätter mehr oder minder weit zu einem trichter-, glocken- oder röhrenförmigen Gebilde miteinander verwachsen sind.

A. Die Choripetalen.

Die Choripetalen umfassen sechs Reihen:

Erste Reihe: **Die Julifloren.**

Die meist eingeschlechtigen Blüthen der Julifloren sind durch den Mangel einer Blumenkrone ausgezeichnet, manche bestehen nur aus Androeceum oder Gynaeceum, andere besitzen eine einfache unscheinbare Blüthenhülle. Die einzelnen Blüthen stehen meist dicht gedrängt zu ähren-, kolben- oder kätzchenförmigen Inflorescenzen vereinigt.

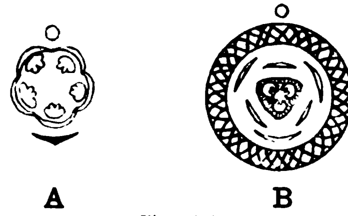
Hierher gehören zwei Ordnungen:

a) Amentaceae, b) Urticinae.

a) Die **Amentaceen** haben meist eingeschlechtige Blüthen; die männlichen Blüthen haben in der Regel ein einfaches Perigon aus vier bis sechs Blättern. Die Zahl der Staubblätter ist wechselnd; wenn ihre Zahl mit derjenigen der Perigonblätter übereinstimmt, so stehen sie den letzteren superponirt. Die männlichen Blüthen stehen in Kätzchen, welche nach dem Verblühen als Ganzes abfallen. Die weiblichen Blüthen sind oft nackt, meist aus zwei oder drei syncarpen Fruchtblättern gebildet.

Familien: Cupuliferae, Juglandaceae, Myricaceae, Salicaceae, Casuarinaceae, Piperaceae.

Die **Cupuliferen** haben männliche und weibliche Blüthenstände auf der selben Pflanze. Der Fruchtknoten der weiblichen Blüthe ist gefächert, jedes Fach enthält eine oder zwei Samenanlagen. Die meist nussartigen, einsamigen Früchte sind bei den meisten mehr oder minder weit von einer becher- oder schlauchartigen Fruchthülle, Cupula, umgeben, welche durch verwachsene Hochblätter oder von einer Wucherung der Blüthenachse gebildet wird. Die Samen sind ohne Endosperm. Den Gattungen Betula und Alnus fehlt die Cupula. Die meisten Cupuliferen sind Bäume oder Sträucher; ausser den schon genannten Birken und Erlen gehören unter anderen noch hierher Corylus Avellana, der Haselstrauch, Carpinus Betulus, die Hainbuche, Fagus silvatica, die Buche, Quercus Robur, die Eiche, welche alle an der Zusammensetzung unserer einheimischen Laubwälder betheiligt sind. Castanea vesca, die Edelkastanie oder essbare Kastanie, welche in Griechenland und in Italien



Figur 270.

Quercus. A männliche, B weibliche Blüthe.

ganze Wälder bildet, hat süsse, essbare Nüsse, welche bei uns als Maronen in den Handel gebracht werden. Die durch Gallwespenstiche auf den jungen Trieben der orientalischen Form von Quercus lusitanica hervorgerufenen Auswüchse sind die Galläpfel, Gallae der Pharmacopöe.

Die **Juglandaceen** sind Bäume mit Fiederblättern ohne Nebenblätter. Ihre Blüthen sind diclin und monöcisch. Die männlichen Blüthen stehen in Kätzchen, die weiblichen in ährenartigen Blüthenständen. Der unterständige, aus zwei Fruchtblättern gebildete Fruchtknoten ist durch falsche Scheidenwände unvollständig gefächert und enthält eine orthotrope Samenanlage. Die Frucht ist eine Steinfrucht, der Same enthält kein Endosperm. Juglans regia, der Wallnussbaum, stammt aus dem Orient und wird wegen seiner essbaren Samen überall im wärmeren Europa cultivirt. Die Wallnussblätter, Folia Juglandis sind officinell.

Die **Salicaceen** sind Holzpflanzen mit einfachen Blättern. Sie haben eingeschlechtige Kätzchen, welche diöcisch vertheilt sind. Der einfächerige Fruchtknoten enthält mehrere Samenanlagen. Die reifen Samen sind von langer Haarwolle umhüllt und enthalten kein Endosperm. Zu den Salicaceen gehören die Gattungen Salix und Populus. Die Salix-Arten oder Weiden sind meist strauchartig, nur wenige, wie Salix alba, S. fragilis u. a., haben baumförmigen Wuchs. Sie lieben feuchte Standorte und gedeihen besonders auf Moor- und Bruchboden, wie an Teich- und Bachufern. Die schlanken, astlosen Ruthen mancher Arten, besonders von Salix viminalis, S. alba, S. purpurea, werden zur Korbflechterei verwendet. Die Populus-Arten oder Pappeln sind Bäume mit langgestielten Blättern. Populus tremula, die Zitterpappel oder Espe, wächst überall in feuchten Laubwäldern. Populus nigra, die Schwarzpappel, wächst an Ufern und Waldrändern und wird, wie die aus Amerika stammende Spitzpappel, Populus pyramidalis, bisweilen als Alleebaum gepflanzt.

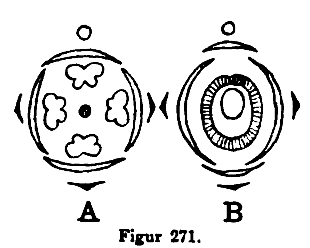
Die **Piperaceen** sind Kräuter und Sträucher mit Zwitterblüthen. Die Blüthen sind ohne Perigon. Staub- und Fruchtblätter sind meist in Dreizahl vorhanden. Der Fruchtknoten ist einfächerig und enthält eine grundständige, orthotrope Samenanlage. Der Same enthält neben spärlichem Endosperm massiges Perisperm. Hierher gehört die exotische Gattung Piper, der Pfeffer. Piper nigrum liefert in seinen Beeren den als Speisegewürz wichtigen schwarzen und weissen Pfeffer. Die nahe verwandte Art Cubeba officinalis liefert die officinellen Kubeben, Cubebae.

b) Die **Urticineen.** Ihre Blüthen sind eingeschlechtig; die männlichen haben ein vier- oder fünftheiliges Perianth und wenige Staubblätter, welche den Perigonblättern superponirt sind. Der oberständige Fruchtknoten der weiblichen Blüthe besteht aus einem Fruchtblatt, seltener aus zweien, und enthält eine einzige Samenanlage. Endosperm ist im Samen meistens vorhanden. Die Blüthenstände sind nie typische Kätzchen.

Familien: Urticaceae, Ulmaceae, Platanaceae, Ceratophyllaceae.

Die zahlreichen Arten der **Urticaceen** sind zum grössten Theil Bewohner der Tropen, nur wenige sind bei uns einheimisch. Sie sind Kräuter oder Holzpflanzen mit Nebenblättern, manche führen Milchröhren. Man unterscheidet vier Unterfamilien:

1. Urticeae. Die Staubfäden sind in der Knospe eingekrümmt. Die Samenanlage ist aufrecht und gerade. Gattungen: Urtica, Parietaria, Boehmeria.
2. Moreae. Die Staubfäden sind in der Knospe eingekrümmt. Die Samenanlage ist hängend und gekrümmt. Gattungen: Morus, Dorstenia, Maclura, Broussonetia.
3. Artocarpeae, Holzpflanzen mit Milchröhren. Die Staubfäden sind in der Knospe gerade. Die Nebenblätter sind anfangs tutenförmig verwachsen. Gattungen: Ficus, Artocarpus, Antiaris, Brosimum.
4. Cannabineae. Kräuter ohne Milchsaft. Die Staubfäden sind in der Knospe gerade. Die Nebenblätter stehen frei am Grunde der Blätter. Gattungen: Cannabis, Humulus.



Figur 271.
Urtica dioica. A männliche, B weibliche Blüthe.

Urtica urens, Brennessel, und U. dioica sind einheimische Vertreter der durch den Besitz von Brennhaaren ausgezeichneten Gattung. Sie liefern, ebenso wie die Urtica cannabina Sibiriens und Boehmeria nivea in Südostasien, Gespinnstfasern. Zu den Moreen gehört der in China einheimische, bei uns cultivirte Maulbeerbaum, Morus alba und M. nigra. Bei Ficus liegen die Blüthen in der ausgehöhlten, oben fast ganz geschlossenen kugeligen oder birnförmigen, fleischigen Blüthenstandsachse eingeschlossen. Ficus carica, der Feigenbaum, ist eine sehr alte Kulturpflanze. Cannabis sativa, der Hanf, wird wegen seiner festen, zu Stricken und Geweben verwendbaren Fasern angebaut. Die zapfenähnlichen, weiblichen Blüthenkätzchen vom Hopfen, Humulus Lupulus, finden bei der Bierbrauerei als Bierwürze Verwendung.

Die Familie der **Ulmaceen** umfasst Bäume ohne Milchsaft, deren meist zweigeschlechtige Blüthen in Büscheln stehen; ein einheimischer Vertreter ist Ulmus campestris, die Ulme oder Rüster, ein in Wäldern und Anlagen und an Strassen häufig angepflanzter Baum mit schöner Krone.

Zweite Reihe: **Die Centrospermen.**

Neben kronlosen Blüthen kommen auch solche mit Kelch und Krone vor. Das Androeceum besteht aus einem oder zwei Kreisen. Das Gynaeceum wird aus 2—5 Fruchtblättern gebildet, welche zu einem einfächerigen Fruchtknoten verwachsen sind. Die Samenanlagen stehen entweder einzeln im Grunde des Fruchtknotens oder zu vielen an einer Centralplacenta.

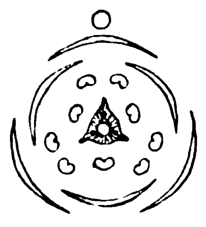
Wir unterscheiden drei Ordnungen:

a) Polygoninae, b) Chenopodinae, c) Caryophyllinae.

a) Die **Polygoninen** haben kronenlose Blüthen und zwei Kreise von Staubblättern. Im Grunde des Fruchtknotens steht eine einzige orthotrope Samenanlage. Am Grunde der wechselständigen Laubblätter steht eine aus verwachsenen Nebenblättern gebildete die Sprossachse scheidenartig umfassende Ochrea.

Familie: Polygonaceae.

Die **Polygonaceen** sind meist krautartige Pflanzen. Die kleinen Blüthen haben ein aus fünf oder sechs freien Blättern gebildetes, grünliches oder weisses Perianth. Die Zahl der Staubblätter wechselt zwischen fünf bis neun. Der Fruchtknoten wird von zwei oder drei Fruchtblättern gebildet und ist stets einfächerig. Die Gattung Rheum hat eine sechsblätterige Blüthenhülle. Der äussere Staubblattkreis besteht aus sechs, der innere aus drei Gliedern. Die geschälten, oft unregelmässig zugeschnittenen Wurzelstöcke von Rheum-Arten Hochasiens, vorzüglich wohl Rheum officinale, sind officinell unter dem Namen der Rhabarberwurzel, Radix Rheï. Der Gattung Rumex, Ampfer, fehlt der innere Staubblattkreis, der äussere ist wie bei Rheum durch Spaltung sechszählig. Der innere Perigonkreis wächst mit der Frucht und hüllt dieselbe vollkommen ein. Rumex acetosa, R. acetosella, R. crispus u. a. m. sind bei uns überall häufig; Rumex Patientia wird als Gemüsepflanze in Gärten gezogen. Bei Polygonum, Knöterich, ist das kronblattartige Perianth meist tief fünfspaltig. Staubblätter sind bis zehn in zwei unvollständigen Kreisen vorhanden. Einige Poly-


Figur 272.
Rheum.

gonumarten, wie Polygonum aviculare, P. Convolvulvus, P. Persicaria, P. Hydropiper sind bei uns überall gemein. Polygonum Fagopyrum, der Buchweizen, wird in sandigen Gegenden häufig angebaut.

b) Die **Chenopodinen.** Die kronlosen Blüthen sind oft eingeschlechtig. Das Androeceum besteht meist aus einem Kreise. Die am Grunde des Fruchtknotens stehende Samenknospe mit langem Funiculus ist mehr oder weniger campylotrop.

Familien: Chenopodiaceae, Amarantaceae, Nyctaginaceae.

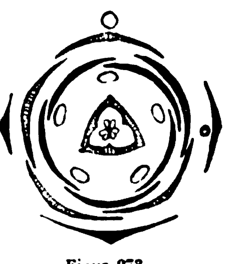
Bei den **Chenopodiaceen** folgen auf das fünfzählige, häufig grüne, Perianth fünf superponirte Staubblätter. Der Fruchtknoten ist aus zwei medianen Fruchtblättern gebildet. Einige hierher gehörige Arten, wie Salicornia herbacea und Salsola Kali gedeihen nur auf Salzboden. Manche Arten von Chenopodium, wie Chenopodium album und Ch. polyspermum, sind lästige Unkräuter. Beta vulgaris, die Runkelrübe, wird in verschiedenen Varietäten als Gemüse- und Futterpflanze und zur Zuckergewinnung angebaut. Spinacia oleracea, der Spinat, ist als Gemüsepflanze in Cultur. Die Gattung Atriplex, Melde, hat dicline Blüthen, bisweilen kommen daneben Zwitterblüthen vor. Die männlichen und die zweigeschlechtigen Blüthen haben ein drei- bis fünfzähliges, die weiblichen Blüthen ein zweizähliges Perianth. Atriplex patulum ist bei uns auf Schutt an Wegrändern und in Gärten gemein.

c) Die **Caryophyllinen** haben typisch mit Kelch und Krone ausgestattete Blüthen. Das Androeceum besteht gewöhnlich aus zwei Kreisen. Im Fruchtknoten steht eine Centralplacenta mit vielen Samenanlagen.

Familie: Caryophyllaceae, Aizoaceae, Portulaccaceae.

Die **Caryophyllaceen** sind Kräuter mit einfachen, gegenständigen Blättern. Sie haben aktinomorphe Blüthen aus fünf- oder vierzähligen Kreisen. Das normal aus zwei Kreisen gebildete Androeceum ist bisweilen auf einen Kreis reducirt. Der oberständige, einfächerige Fruchtknoten besteht aus zwei bis fünf verwachsenen Fruchtblättern und enthält eine bis viele Samenanlagen an einer freien Centralplacenta. Man unterscheidet drei Unterfamilien:

1. Paronychieae. Die Frucht ist einsamig. Häufig ist die Krone rudimentär oder fehlt ganz. Gattungen: Scleranthus, Corrigiola, Herniaria.
2. Alsineae. Der Kelch ist freiblätterig, die Krone meist wohl entwickelt. Die Frucht enthält viele Samen. Gattungen: Spergula, Sagina, Alsine, Möhringia, Arenaria, Holosteum, Stellaria, Malachium, Cerastium.
3. Sileneae. Der Kelch ist verwachsenblätterig, Kronblätter genagelt und häufig mit Ligula. Die Frucht ist vielsamig. Gattungen: Dianthus, Gypsophila, Saponaria, Silene, Lychnis, Melandryum, Agrostemma.



Figur 273.

Stellaria media.

Die Gattung Stellaria, die Sternmiere, deren Blüthen fünf zweispaltige oder zweitheilige Kronblätter und drei Griffel besitzen, ist durch einige Arten in der einheimischen Flora vertreten. Stellaria media, der Hühnerdarm, ist ein überall verbreitetes, winterhartes Unkraut, das bisweilen selbst unter dem Schnee blüht und fruchtet. Einige Arten von Dianthus und Silene, namentlich Dianthus barbatus, D. plumarius und Silene Armeria sind beliebte Gartenpflanzen, andere Arten, wie Dianthus deltoides, Silene nutans sind an Waldrändern unter Gebüsch und auf trockenen Wiesen häufig, Lychnis flos cuculi und Melandryum rubrum sind auf feuchten Wiesen gemein. Agrostemma Githago, die Kornrade, ist ein lästiges Unkraut unter Wintergetreide.

Dritte Reihe: **Die Aphanocyclier.**

Die Blüthentheile sind entweder spiralig angeordnet, oder wo sie in Quirlen stehen, da weicht die Zahl der zu den einzelnen Organgruppen verwendeten Kreise von dem Typus

$$\text{Kn Cn An} + \text{n Gn}$$

ab, oder es ist durch Vermehrung der Gliederzahl in den einzelnen Kreisen die Regelmässigkeit des Zahlenverhältnisses in der Blüthe verwischt.

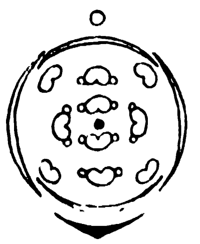
Wir unterscheiden fünf Ordnungen:

a) Polycarpicae, b) Rhoeadinae, c) Cistiflorae,
d) Columniferae, e) Monochlamydeae.

a) Die **Polycarpier.** Die Blüthen sind vorwiegend spiralig gebaut. Das Perianth ist oft nicht deutlich in Kelch und Krone geschieden, oder die Krone fehlt ganz. Die Staubblätter sind meist schon in der Anlage, nicht durch Spaltung, zahlreich. Das Gynaeceum besteht meist aus vielen apokarpen Fruchtblättern.

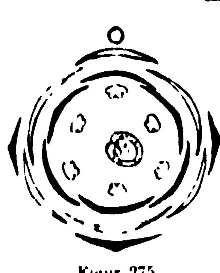
Familien: Lauraceae, Berberidaceae, Menispermaceae, Myristicaceae, Annonaceae, Magnoliaceae, Calycanthaceae, Ranunculaceae, Nymphaeaceae.

Die Blüthen der **Lauraceen** haben keine Krone. Die Blüthen sind meist aus dreizähligen Quirlen aufgebaut, von denen zwei auf das Androeceum entfallen. Die Antheren springen mit zwei oder vier Klappen auf. Der einfächerige Fruchtknoten enthält nur eine Samenanlage. Die meist baum- oder strauchförmigen Arten sind Bewohner der warmen Zonen. Die Rinde in Südchina kultivirter Stämme des Cinnamomum Cassia (C. aromaticum) ist als chinesischer Zimmt, Cortex Cinnamomi, officinell und als Gewürz im Handel. Cinnamomum Camphora liefert den officinellen Kampher, Camphora. Das zerkleinerte Wurzelholz von Sassafras officinalis bildet die unter dem Namen Sassafrasholz, Lignum Sassafras, officinelle Droge. Der in allen Mittelmeerländern kultivirte Lorbeerbaum hat länglich runde oder kugelige Beerenfrüchte, welche als Lorbeeren, Fructus Lauri, officinell sind. Lorbeerblätter werden als Gewürz an Speisen verwendet.



Figur 274. Männliche Blüthe von Laurus nobilis.

Die Zwitterblüthen der **Berberidaceen** sind aus zwei- oder dreizähligen Kreisen aufgebaut, von denen zwei oder mehr auf den Kelch, je zwei auf die Krone und das Androeceum entfallen. Das Gynaeceum ist einblätterig. Berberis vulgaris, der Sauerdorn, ein Strauch mit drei- bis fünftheiligen Dornen wächst bei uns in Hecken und an Waldrändern. Als Wirth für das Aecidium des Getreiderostes, Puccinia graminis, kann der Strauch für die Landwirthschaft schädigend wirken, weshalb in einigen deutschen Ländern die Verwendung der Berberitze als Heckenpflanze verboten ist. Der alkoholische Extrakt der Wurzel des ebenfalls zu den Berberiden gehörigen Podophyllum peltatum ist das Podophyllin, Podophyllinum der Pharmakopöe.



Figur 275. Berberis.

Die **Menispermaceen** sind meist schlingende Sträucher der warmen Zone mit diöcischen Blüthen. Von den zwei- oder dreizähligen Quirlen der Blüthe kommen auf den Kelch zwei bis zehn, auf Krone und Androeceum je zwei. Das oberständige Gynaeceum besteht aus ein bis sechs Fruchtblättern. Die in Ostafrika einheimische Jateorhiza Columba liefert die Colombowurzel, Radix Colombo der Pharmakopöe.

Die **Myristicaceen** haben diöcische Blüthen ohne Krone. Auf das dreiblätterige Perianth folgen drei bis fünfzehn zur Säule verwachsene Staubblätter. Das oberständige Gynaeceum wird von zwei Fruchtblättern gebildet. Die Arten der einzigen Gattung Myristica sind tropische Sträucher oder Bäume. Myristica fragrans ist officinell. Der stumpf eiförmige oder fast kugelige Samenkern wird in der Pharmakopöe als Muskatnuss, Semen Myristicae, bezeichnet, das ätherische Oel des Samenmantels heisst Macisöl, Oleum Macidis.

Die Blüthen der **Ranunculaceen** sind spiralig oder hemicyklisch, seltener cyklisch gebaut. Die Blüthenhülle ist nicht immer in Kelch und Krone gesondert. Die Staubblätter sind zahlreich. Die meist zahlreichen Carpelle sind fast immer apokarp. Man unterscheidet drei Unterfamilien:



Figur 276.

Ranunculus acris.

1. Anemoneae. Jeder Fruchtknoten wird zur einsamigen Schliessfrucht. Gattungen: Anemone, Hepatica, Clematis, Myosurus, Ranunculus, Thalictrum, Adonis.
2. Helleboreae. Die Antheren sind extrors. Die Früchte sind mehrsamige Balgfrüchte. Gattungen: Caltha, Trollius, Helleborus, Nigella, Aquilegia, Delphinium, Aconitum, Hydrastis.
3. Paeonieae. Die Antheren sind intrors, die Früchte sind mehrsamige Balgfrüchte, seltener Beeren. Gattungen: Paeonia, Actaea.

Anemone nemorosa und Hepatica triloba sind überall in Wäldern vorkommende Frühlingsblumen. Von der Gattung Ranunculus sind viele Arten bei uns einheimisch; häufiger werden angetroffen Ranunculus arvensis, R. repens, R. acris, R. sceleratus und die im Wasser lebenden R. aquatilis, R. fluitans. Von den Helleboreen gehören Caltha palustris und Delphinium consolida bei uns zu den weitest verbreiteten. Ausländische Arten von Aquilegia, Delphinium, Aconitum und Paeonia sind beliebte Gartenzierpflanzen. Die Wurzelknollen von Aconitum Napellus sind als Akonitknollen, Tubera Aconiti, officinell. Das bewurzelte Rhizom von Hydrastis canadensis ist die Hydrastiswurzel, Rhizoma Hydrastis der Pharmakopöe.

Die **Nymphaeaceen** sind krautige Wasserpflanzen mit grossen schwimmenden Blättern und Blüthen. Die Zahl der Perianthblätter und der Staubfäden ist sehr gross. Zwischen beiden Organgruppen sind Uebergangsformen ausgebildet. Die Fruchtblätter sind gleichfalls zahlreich und zu einem vielfächerigen Fruchtknoten verwachsen, der oben eine von den Narben gebildete strahlige Scheibe trägt. Bei uns einheimisch sind Nymphaea alba, die weisse Seerose, und einige Arten von Nuphar. Hierher gehört auch die südamerikanische Wasserpflanze Victoria regia mit bis zu zwei Meter breiten kreisrunden Schwimmblättern, welche bei uns in manchen botanischen Gärten im Warmwasserbassin cultivirt wird.

b) Die **Rhoeadinen.** Die Blüthentheile stehen in zwei- bis viergliedrigen Kreisen. Die Blüthenhülle besteht aus drei gesonderten Kreisen, von denen entweder zwei auf den Kelch und einer auf die Krone oder umgekehrt einer auf den Kelch und zwei auf die Krone entfallen. Im Androeceum tritt häufig Vermehrung der Glieder durch Spaltung ein. Das Gynaeceum ist nie apokarp. Die zwei bis vielen Fruchtblätter bilden einen einfächerigen bisweilen gekammerten Fruchtknoten mit parietaler Placentation.

Familien: Papaveraceae, Fumariaceae, Cruciferae, Capparideae.

Die **Papaveraceen** sind Kräuter mit Milchsaft und wechselständigen Blättern ohne Nebenblätter. Die meist ansehnlichen Blüthen haben zwei leicht

abfallende Kelchblätter, vier bis sechs Kronblätter, zahlreiche Staubgefässe und einen aus zwei bis vielen Fruchtblättern gebildeten, einfächerigen oder gekammerten, oberständigen Fruchtknoten, welcher zur Schote oder Porenkapsel wird. Chelidonium majus, das bei uns an Hecken und auf Schutt überall gemeine Schöllkraut mit gelbem Milchsaft, hat als Frucht eine schotenförmige, zweiklappige Kapsel. Von der Gattung Papaver, Mohn, deren Frucht eine Porenkapsel ist, sind bei uns Papaver Rhoeas und P. Argemone als Unkraut unter der Saat und an Wegrändern überall gemein. Papaver somniferum, der Schlafmohn, wird bei uns cultivirt. Die unreife Mohnkapsel, Fructus Papaveris immaturi, und Semen Papaveris sind officinell. Der in Kleinasien durch Einschnitte in die Kapsel von Papaver somniferum gewonnene, an der Luft eingetrocknete Milchsaft ist unter dem Namen Opium officinell.



Figur 277.

Papaver somniferum.

Die Familie der **Fumariaceen** umfasst wenige Gattungen mit zygomorphen Blüthen. Auf zwei Kelchblätter folgen vier Kronblätter in zwei alternirenden Kreisen. Meistens ist ein Kronblatt des äussern Kreises gespornt. Die Staubblätter sind zu zwei Bündeln verwachsen. Jedes Bündel enthält ein mittleres vollständiges Staubblatt und zwei seitliche mit halben Antheren. Der einfächerige Fruchtknoten besteht aus zwei Fruchtblättern, welche bei der Reife eine schotenartige Kapsel bilden. Hierher gehören die Gattungen Corydalis und Fumaria. Fumaria officinalis, der Erdrauch, ist ein häufiges Unkraut auf Aeckern und in Gärten.



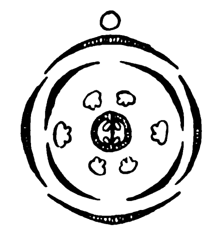
Figur 278.

Corydalis cava.

Die **Cruciferen** haben einen aus zwei zweizähligen Quirlen gebildeten Kelch. Die vier damit gekreuzten Kronblätter gehören einem Kreise an. Der äussere Staubblattkreis ist zweigliedrig, der innere besteht aus zwei zweigliedrigen Gruppen. Das Gynaeceum wird aus zwei transversalen Fruchtblättern gebildet. Der Fruchtknoten, welcher durch eine falsche Scheidewand in zwei Fächer getheilt wird, bildet bei der Reife eine Schote. Als Formel ergibt sich also:

$$K\,2 + 2\,C\,4\,A\,2 + 2^2\,G\,(\underline{2})$$

Die Familie umfasst zahlreiche einjährige und ausdauernde Kräuter, die meist der nördlichen, gemässigten und kalten Zone angehören. Man kann nach der Beschaffenheit der Frucht vier Unterabtheilungen unterscheiden.



Figur 279.

Das Diagramm der Cruciferen.

1. Siliquosae. Die Schote ist mindestens ein und einhalbmal so lang als breit.
   a) dehiscentes. Die Schote springt bei der Reife mit zwei Klappen auf. Gattungen: Matthiola, Cheiranthus, Barbaraea, Arabis, Cardamine, Nasturtium, Sisymbrium, Erysimum, Brassica, Sinapsis.
   b) lomentaceae. Die Schote ist durch falsche Querwände gegliedert und öffnet sich nicht. Gattungen: Rapistrum, Raphanus.
2. Siliculosae. Die Frucht ist ein Schötchen, d. h. sie ist ungefähr so lang als breit.
   a) dehiscentes. Das Schötchen öffnet sich bei der Reife. Gattungen: Cochlearia, Draba, Alyssum, Thlaspi, Capsella, Lepidium, Armoracia, Camelina.
   b) nucamentaceae. Das Schötchen bleibt nussartig geschlossen. Gattungen: Isatis, Neslia, Bunias.

Viele Arten der genannten Gattungen sind bei uns weit verbreitet, besonders häufig sind Cardamine pratensis, Nasturtium silvestre, Sisymbrium officinale, Erysimum cheiranthoides, Sinapis arvensis. Draba verna, Alyssum calycinum, Capsella Bursa pastoris. Als Gemüse- und Küchenpflanzen werden angebaut

Brassica oleracea, der Kohl in verschiedenen Varietäten, Brassica Rapa var. rapifera, die weisse Rübe, Brassica Napus var. rapifera, der Kohlrabi, Lepidium sativum, die Gartenkresse, Armoracia rusticana, der Meerrettig, Raphanus sativus, der Rettig. Wegen der ölhaltigen Samen werden angebaut Brassica Rapa var. oleïfera, der Rübsen, Brassica Napus var. oleïfera, der Raps, und Camelina sativa, der Leindotter. Cheiranthus Cheiri, der Goldlack, und Matthiola annua, die Levkoje, sind Zierpflanzen. Officinell sind Senfsamen, Semen Sinapis von Brassica nigra, und Löffelkraut, Herba Cochleariae von Cochlearia officinalis.

c) Die **Cistifloren** haben vorherrschend cyklischen Bau mit meist fünfgliedrigen Kreisen. Die Blüthenhülle hat Kelch und Krone, in der Knospe liegen die Kelchblätter mit ihren Rändern übereinander. Das Androeceum ist gewöhnlich durch Spaltung vielgliedrig, oft sind die Staubblätter zu Gruppen verwachsen. Das Gynaeceum besteht aus drei bis fünf syncarpen Fruchtblättern. Der Fruchtknoten ist ein oder mehrfächerig.

Familien: Resedaceae, Violaceae, Droseraceae, Sarraceniaceae, Nepenthaceae, Cistaceae, Bixaceae, Hypericaceae, Clusiaceae, Tamaricaceae, Ternströmiaceae, Dilleniaceae, Ochnaceae, Dipterocarpaceae.

Die Blüthen der **Violaceen** sind meist median zygomorph und haplostemon. Die äusseren Kreise der Blüthe sind fünfzählig, das Gynaeceum ist aus drei Fruchtblättern gebildet. Die Samenanlagen sind wandständig. Die Frucht ist eine loculicide Kapsel oder seltener eine Beere. Mehrere Arten der Gattung Viola, z. B. Viola canina, V. silvestris, V. palustris, V. odorata, V. tricolor sind bei uns einheimisch. Das Kraut der letzteren ist unter dem Namen Stiefmütterchen, Herba Violae tricoloris, officinell.



Figur 280.

Viola.

Die Familie der **Droseraceen**, deren aktinomorphe Blüthen der Formel

K 5 C 5 A 5 — 20 G (3)

entsprechen, umfasst die Gattungen Drosera, Aldrovandia und Dionaea, Insektivoren, deren reizbare Blätter, wie früher erwähnt, als Insektenfallen dienen. Auch die nahe verwandten **Sarraceniaceen** und die **Nepenthaceen** sind Insektivoren (vergl. S. 168 f.).

Die **Hypericaceen** haben akinomorphe Blüthen. Kelch und Krone sind fünfzählig, die zahlreichen Staubblätter sind zu drei oder fünf Bündeln verwachsen, der oberständige Fruchtknoten wird von drei bis fünf Fruchtblättern gebildet. Von der Gattung Hypericum sind einige Arten bei uns einheimisch. Hypericum perforatum ist an Wegrändern gemein.



Figur 281.

Hypericum.

Die **Ternstroemiaceen** sind Holzpflanzen der warmen Zonen mit je fünf Kelch- und Kronblättern und zahlreichen freien Staubblättern. Der Fruchtknoten ist dreifächerig und bildet bei der Reife eine dreisamige loculicide Kapsel. Der in China und Japan einheimische Zierstrauch Camellia japonica wird wegen der schönen Blüthen bei uns als Topfpflanze gezogen. Thea chinensis, der Theestrauch, ist seit den ältesten Zeiten in China cultivirt worden und ist noch gegenwärtig eine der wichtigsten Culturpflanzen. Ausser zur Bereitung des in der ganzen Welt als Getränk bekannten und beliebten Thees werden die Theeblätter zur Reingewinnung des als Koffeïn, Coffeïnum, bezeichneten Alkaloids verwendet.

Die **Clusiaceen** sind tropische Bäume und Sträucher mit decussirten Blättern. Die Blüthen sind aktinomorph und diöcisch, oder es kommen neben eingeschlechtigen Blüthen Zwitterblüthen an derselben Pflanze vor. Der Kelch besteht aus zwei bis acht oft ungleichen Blättern, die Krone ist vier- bis zehn-

blätterig, die Staubblätter sind zahlreich. Die Frucht bildet eine Kapsel, eine Beere oder Steinfrucht. Garcinia Morella ist ein Baum des südlichen Asiens. Das aus Verletzungen der Rinde ausfliessende gelbe Gummiharz ist als Gummigutt, Gutti, officinell.

Die zu den nahe verwandten **Dipterocarpaceen** gehörenden ostindischen Bäume Shorea micrantha und Sh. splendida liefern nach der Angabe der Pharmakopöe einen Theil des officinellen Dammarharzes, Resina Dammar.

d) Die **Columniferen** haben cyklische Blüthen mit meist fünfgliedrigen Kreisen. Die Blüthenhülle hat Kelch und Krone, die Kelchblätter berühren sich in der Knospenlage nur mit den Rändern. Das Androeceum ist durch Spaltung vielgliedrig, Das Gynaeceum ist aus zwei bis vielen synkarpen Fruchtblättern gebildet, der Fruchtknoten ist stets mehrfächerig.

Familien: Tiliaceae, Sterculiaceae, Malvaceae.



Figur 282.

Tilia.

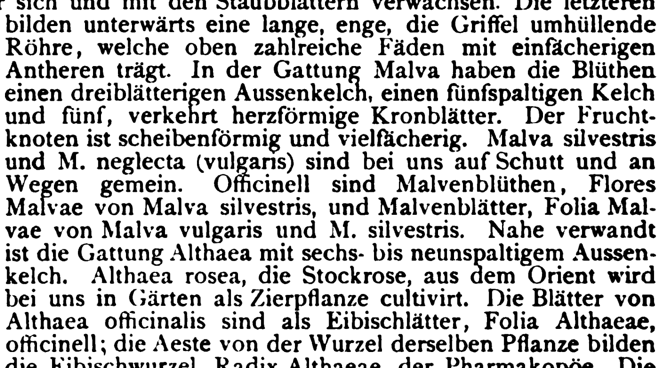
Bei den Blüthen der **Tiliaceen** sind Kelch und Krone freiblätterig, das Androeceum ist typisch diplostemon, die Zahl der Staubblätter wird aber durch Spaltung sehr vergrössert. Die zweifächerigen Staubbeutel sind intrors. In der Gattung Tilia, Linde, ist der äussere Staubblattkreis völlig unterdrückt. Die zahlreichen Staubblätter des inneren Kreises bilden fünf, den Kronblättern superponirte Gruppen. Tilia parvifolia, die Winterlinde, und T. grandifolia, die Sommerlinde, sind bei uns vielfach in Anlagen, an Strassen und auf Plätzen angepflanzt, einige ausländische Arten werden als Zierbäume gezogen. Die Blüthenstände der genannten einheimischen Arten sind als Lindenblüthen, Flores Tiliae officinell.

Die **Sterculiaceen** gehören den Tropen an. Der Kelch ist verwachsenblätterig, die Kronblätter sind frei. Das Androeceum ist obdiplostemon, der innere, episepale Kreis entwickelt aber niemals Antheren, während die Zahl der Anlagen im äusseren Kreise meist durch Spaltung vergrössert wird. Die Antheren sind bald zwei-, bald einfächerig und stets extrors. Hierher gehört der Cacaobaum, Theobroma Cacao. Die Cacaobutter, Oleum Cacao der Pharmakopöe, ist das aus den entschalten Samen des Cacaobaumes ausgepresste Fett.



Figur 283.

Althaea rosea.



Die **Malvaceen** haben einen verwachsenblätterigen Kelch, unter welchem häufig ein von Hochblättern gebildeter Aussenkelch steht. Auch die Kronblätter sind im Grunde unter sich und mit den Staubblättern verwachsen. Die letzteren bilden unterwärts eine lange, enge, die Griffel umhüllende Röhre, welche oben zahlreiche Fäden mit einfächerigen Antheren trägt. In der Gattung Malva haben die Blüthen einen dreiblätterigen Aussenkelch, einen fünfspaltigen Kelch und fünf, verkehrt herzförmige Kronblätter. Der Fruchtknoten ist scheibenförmig und vielfächerig. Malva silvestris und M. neglecta (vulgaris) sind bei uns auf Schutt und an Wegen gemein. Officinell sind Malvenblüthen, Flores Malvae von Malva silvestris, und Malvenblätter, Folia Malvae von Malva vulgaris und M. silvestris. Nahe verwandt ist die Gattung Althaea mit sechs- bis neunspaltigem Aussenkelch. Althaea rosea, die Stockrose, aus dem Orient wird bei uns in Gärten als Zierpflanze cultivirt. Die Blätter von Althaea officinalis sind als Eibischlätter, Folia Althaeae, officinell; die Aeste von der Wurzel derselben Pflanze bilden die Eibischwurzel, Radix Althaeae, der Pharmakopöe. Die Arten der Gattung Gossypium, welche über den ganzen Tropengürtel der Erde verbreitet ist, liefern in den langen, fadenförmigen Haaren ihrer Samen die

Baumwolle, die wichtigste Waare des Welthandels. Die weissen, entfetteten Haare des Samen von Gossypium herbaceum, G. arboreum und anderen Arten sind als gereinigte Baumwolle, Gossypium depuratum, in der Pharmacopöe verzeichnet.

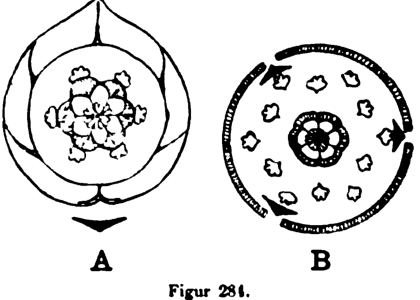
e) Die **Monochlamyden** haben als gemeinsame Merkmale Blüthen mit einfachem nicht in Kelch und Krone gesondertem Perianth. Der Fruchtknoten ist unterständig. Die meist ansehnlichen Blüthen sind nicht zu kätzchenartigen Inflorescenzen zusammengestellt.

Familien: Santalaceae, Loranthaceae, Balanophoraceae, Aristolochiaceae, Rafflesiaceae.

Die **Santalaceen** haben aktinomorphe, meist zwitterige Blüthen. Auf ein kelchartiges vier- oder fünfzähliges Perigon folgt ein gleichzähliger Kreis superponirter Staubblätter. Der einfächerige Fruchtknoten besteht aus drei Fruchtblättern und enthält drei hängende Samenanlagen an freier Centralplacenta. Die hierher gehörenden Bäume, Sträucher und Kräuter der gemässigten und besonders der heissen Zone sind grüne Wurzelschmarotzer. Einige Arten von Thesium kommen in Deutschland vor.

Die **Loranthaceen** sind grüne, strauchartige Schmarotzer auf Baumästen. Die Blüthen sind meist diklin und aus zwei- bis sechszähligen Kreisen aufgebaut. Die Staubblätter sind den Perianthblättern superponirt. Die Frucht ist eine Beere. Viscum album, die Mistel, ein dichter, immergrüner Strauch, schmarotzt bei uns auf verschiedenen Bäumen (Fig. 159).

Die **Aristolochiaceen** haben Zwitterblüthen. Das aus drei Blättern verwachsene Perianth ist kronartig gefärbt. Die sechs oder zwölf Staubblätter sind frei oder mit dem Griffel verwachsen. Der unterständige Fruchtknoten ist sechsfächerig und enthält mehrere Samenanlagen in jedem Fach. Aristolochia hat ein röhriges, am Grunde bauchig erweitertes Perianth (Fig. 212 A), Die sechs Staubgefässe sind mit der Griffelsäule verwachsen. Einheimisch ist Aristolochia Clematitis, die Osterluzei. Aristolochia Sipho, ein grossblätteriger, kletternder Strauch Nordamerikas, wird bei uns vielfach zur Bekleidung von Lauben verwendet. Ferner gehört hierher das bei uns in Laubwäldern wachsende Asarum europaeum, die Haselwurz, mit breit nierenförmigen, lederigen Blättern. Die Blüthen haben ein grünliches, innen rothbraunes, glockiges Perigon und freie Staubblätter.



Figur 281.

A Aristolochia Clematitis. B Asarum europaeum.

Vierte Reihe: **Die Eucyclier.**

Die Blüthen sind rein cyklisch, die typischen Zahlenverhältnisse sind nicht durch Spaltungen verwischt. Der Fruchtknoten ist stets oberständig.

Die Reihe umfasst vier Ordnungen:

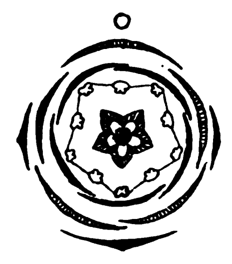
a) Gruinales, b) Terebinthinae, c) Aesculinae, d) Frangulinae.

a) Die **Gruinalen** besitzen fast durchgehends fünfzählige Blüthen mit Kelch und Krone. Das Androeceum ist obdiplostemon. Die Kronstamina sind bisweilen rudimentär oder fehlen ganz. Das Gynaeceum wird von fünf verwachsenen Fruchtblättern gebildet. Der Fruchtknoten

ist gefächert. Die anatropen Samenanlagen sind hängend mit aufwärts gewendeter Mikropyle. Bisweilen wächst die Blüthenachse am Grunde der Staubblätter zu einzelnen Nektardrüsen aus.

Familien: Geraniaceae, Tropaeolaceae, Limnanthaceae, Oxalideae, Linaceae, Balsaminaceae.

Die **Geraniaceen** haben einen fünffächerigen, tief fünffurchigen Fruchtknoten mit kräftigem Griffel, welcher an der Frucht zu einem langen Schnabel auswächst. Bei der Reife lösen sich die fünf Fruchtknotenfächer unten von einer stehen bleibenden Mittelsäule ab und ihr Griffeltheil rollt sich ein. Die Gattung Geranium hat aktinomorphe Blüthen mit zwei fünfgliederigen Staubblattkreisen. Die Griffeltheile der Fruchtknotenfächer rollen sich uhrfederartig ein. Gewöhnlichste Art ist bei uns Geranium Robertianum, auch Geranium pratense, G. palustre und G. pusillum kommen häufig vor. Bei der Gattung Erodium sind von den zehn Staubblättern nur fünf fruchtbar (Fig. 83 **D**). Die Griffeltheile werden bei der Reife schraubenförmig eingerollt. Erodium cicutarium ist als gemeines Ackerunkraut in ganz Deutschland verbreitet. Die Blüthen der Pelargoniumarten sind zygomorph. Ein Kelchblatt ist gespornt, die fünf ungleichen Kronblätter sind zweilippig gestellt. Die Pelargonien, welche aus Afrika stammen, werden in vielen Arten und Varietäten bei uns als Zierpflanzen gezogen.



Figur 285.
Geranium pratense.

Die **Tropaeolaceen** haben zygomorphe Blüthen, ein Kelchblatt ist gespornt, die fünf Kronblätter sind ungleich, das hintere Staubblatt des äusseren und das vordere des inneren Kreises fehlen. Der Fruchtknoten ist dreifächerig. Tropaeolum majus mit schildförmigen Blättern (Fig. 61 **B**) und grossen orangegelben Blüthen ist beliebte Gartenzierpflanze.

Die **Oxalideen** haben aktinomorphe Blüthen. Die zehn Staubblätter sind am Grunde verwachsen. Der Fruchtknoten besteht aus fünf Fruchtblättern und bildet eine längliche Kapselfrucht. Oxalis acetosella mit weissröthlichen Blüthen und kleeartigen Blättern ist bei uns in Gebüschen und Laubwäldern häufig. Oxalis stricta und O. corniculata sind aus Amerika eingewanderte, bei uns in Gemüsegärten häufige Unkräuter mit gelben Blüthen.

Die **Linaceen** haben gleichfalls aktinomorphe Blüthen mit fünf- oder seltener viergliedrigen Kreisen. Vom Androeceum sind nur die Kelchstamina fruchtbar. Die Kronstamina sind rudimentär oder fehlen ganz. Der Fruchtknoten trägt fünf bezw. vier freie Griffel. Jedes der in gleicher Zahl vorhandenen Fruchtknotenfächer wird durch eine senkrechte, von der Aussenwand entspringende falsche Scheidewand halbirt. Die Gattung Linum hat fünfzählige Blüthen, die Kronblätter sind in der Knospe gedreht und fallen leicht ab. Die Staubgefässe sind am Grunde verwachsen, die Kronstamina sind nur durch kurze Zähnchen angedeutet. Die Frucht ist eine zehnfächerige, zehnsamige Kapsel Einige Arten, z. B. Linum catharticum, kommen bei uns wildwachsend vor, Linum usitatissimum, der Flachs, wird seit den ältesten Zeiten als Gespinnstpflanze überall angebaut. Seine Samen sind officinell als Leinsamen, Semen Lini.



Figur 286.
Linum.

Die **Balsamineen** haben zygomorphe Blüthen. Es sind nur drei Kelchblätter vorhanden, das hintere ist grösser und gespornt. Von den fünf Kronblättern ist das median-vordere das grösste, die seitlichen sind paarweise verwachsen. Die Frucht ist eine fünfklappige, elastisch aufspringende Kapsel. Einheimisch ist nur Impatiens noli tangere mit hängenden Blüthen und zurückgebogenem Sporn (Fig. 78 **B**). Impatiens minor mit aufrechten Blüthen und geradem Sporn stammt aus der Mongolei und ist jetzt an vielen Stellen in Deutschland verwildert. J. Balsamina aus Ostindien wird als Zierpflanze in Gärten gezogen.

b) Die **Terebinthinen** stimmen im Blüthenbau mit der vorhergehenden Ordnung überein, nur ist zwischen dem Androeceum und dem Gynaeceum ein deutlicher Diskus vorhanden.

Familien: Zygophyllaceae, Rutaceae, Meliaceae, Simarubaceae, Burseraceae, Anacardiaceae.

Die **Zygophyllaceen** haben einen wenig entwickelten Diskus. Die Blüthen sind aktinomorph und zwitterig und in allen Kreisen fünfzählig. Die Antheren der zehn Staubblätter sind intrors und häufig mit schuppigen oder gefransten Anhängseln versehen. Der synkarpe Fruchtknoten ist gefächert. Die Familie gehört der warmen Zone an. Officinell ist das Guajakholz, Lignum Guajaci von Guajacum officinale.

Die **Rutaceen**, deren Blüthen gewöhnlich aktinomorph und zwitterig sind, haben fünf- oder vierzählige Organkreise. Die Kronstamina des obdiplostemonen Androeceums sind häufig unterdrückt. Der Diskus ist wohl entwickelt. Alle Arten enthalten zahlreiche lysigene Oellücken in der Rinde und in den Blättern. Die meisten hierher gehörenden Arten sind ausländischen Ursprungs. Ruta graveolens, die Raute, und Dictamnus fraxinella werden bei uns in den Gärten gezogen. Die Gattung Citrus, der Citronen- oder Orangenbaum, wird in zahlreichen Arten und Varietäten in allen wärmeren Ländern angebaut. Officinell sind unreife Pomeranzen, Fructus Aurantii immaturi, die unreifen Früchte und Pomeranzenschale, Cortex Aurantii Fructus, die Schale der ausgewachsenen Früchte von Citrus vulgaris; ferner die Citronenschale, Cortex Citri Fructus, die Schale der ausgewachsenen Früchte von Citrus Limonium. Der im tropischen Amerika einheimische Baum Pilocarpus pennatifolius liefert die officinellen Jaborandiblätter, Folia Jaborandi.



Figur 287.
Ruta.

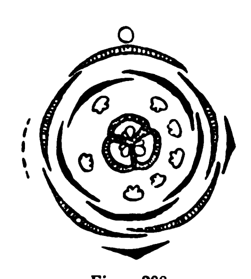
Die **Simarubaceen** stimmen im Blüthenbau im Allgemeinen mit den Rutaceen überein, sie unterscheiden sich aber durch den Mangel der Oellücken und durch den reichen Gehalt an Bitterstoffen in Holz und Rinde. Die Arten der Familie sind Bäume und Sträucher der warmen Zone. Officinell ist Quassiaholz, Lignum Quassiae, zerkleinertes Holz und Rindenstücke von Quassia amara und Picraena excelsa.

Die **Burseraceen** sind meist tropische Bäume und Sträucher, welche durch längs verlaufende Harzkanäle in der Rinde ausgezeichnet sind. In Bezug auf den Blüthenbau unterscheiden sie sich nicht wesentlich von den vorhergenannten Familien. Balsamea Myrrha, ein kleiner Baum der Küstenabhänge des rothen Meeres, liefert das unter dem Namen Myrrhe, Myrrha, officinelle Gummiharz.

c) Die **Aesculinen** sind durch einen bisweilen nur schwach entwickelten ausserhalb des Staubblattkreises liegenden Diskus gekennzeichnet. Die Blüthen sind im Grundplan cyklisch und obdiplostemon wie die der vorhergehenden Reihen, von diesen unterscheidet sich aber die Reihe dadurch, dass das Gynaeceum nur aus zwei oder drei synkarpen Fruchtblättern besteht. Die Blüthen sind häufig schräg zygomorph und durch das Fehlschlagen einzelner Staubblätter unvollständig.

Familien: Malpighiaceae, Erythroxylaceae, Sapindaceae, Acerineae, Polygalaceae, Vochysiaceae.

Die Familie der **Erythroxylaceen** umfasst tropische Bäume und Sträucher mit regelmässigen fünfgliederigen Blüthen. Die zehn Staubgefässe sind am Grunde zu einer Röhre vereint. Der dreiblätterige Fruchtknoten wird zur einsamigen Steinfrucht. Die Blätter von Erythroxylon Coca enthalten ein als Heilmittel wichtiges, als Cocaïn bezeichnetes Alkaloid.


Figur 288
Aesculus Hippocastanum.

Die **Sapindaceen** haben zygomorphe Blüthen. Auf den fünfgliederigen Kelch folgen vier oder fünf ungleiche Kronblätter. In den beiden Staubblattkreisen sind gewöhnlich einzelne Glieder fehlgeschlagen. Der Fruchtknoten besteht meist aus drei Fruchtblättern und ist dreifächerig. Viele Arten sind Bäume und Lianen der warmen Zone. Bei uns eingebürgert und als Zierbaum in Anlagen oder als Alleebaum überall verwendet ist Aesculus Hippocastanum, die Rosskastanie, mit fünf- bis siebenzählig gefingerten Blättern.

Die **Acerineen** haben regelmässige Blüthen mit vier bis fünf Kelchblättern, vier bis neun Kronblättern, meist acht Staubblättern und einem zweifächerigen Fruchtknoten. Der hypogyne Diskus ist oft stark entwickelt. Die reife Frucht zerfällt meist in zwei einsamige Flügelfrüchte. Einige Arten der Gattung Acer, Ahorn, besonders Acer campestre, A. platanoides, A. Pseudoplatanus wachsen bei uns in Anlagen und Alleen. Das Holz derselben ist als Werkholz gesucht. Acer saccharinum in Nordamerika liefert zuckerhaltigen Saft.


Figur 289.
Polygala.

Die Blüthen der **Polygalaceen** sind zygomorph. Von den fünf Kelchblättern sind die beiden inneren kronblattartig und flügelförmig. Die Krone besteht aus drei am Grunde verwachsenen Blättern, von denen das vordere kahnförmig ist. Die acht Staubblätter sind zu zwei Bündeln und mit der Krone verwachsen, das Gynaeceum besteht aus zwei verwachsenen Fruchtblättern. Von der Gattung Polygala kommen einige Arten in Deutschland vor. Polygala vulgaris z. B. ist überall verbreitet. Officinell ist die Senegawurzel, Radix Senegae, von der nordamerikanischen Polygala Senega.

d) Die **Frangulinen.** Die Blüthen sind aktinomorph und enthalten nur einen Staubblattkreis. Die Blüthenkreise sind vier- oder fünfzählig. Das Gynaeceum besteht aus zwei bis vier synkarpen Fruchtblättern. Der Fruchtknoten ist meist mehrfächerig nach der Zahl der Fruchtblätter. Die anatropen Samenanlagen sind mit der Mikropyle nach abwärts gewendet. Bei der Mehrzahl der Familien ist ein intrastaminaler oder extrastaminaler Diskus vorhanden.

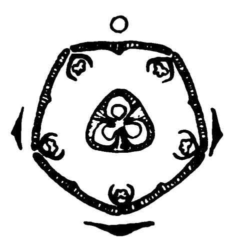
Familien: Celastraceae, Hippocrataceae, Pittosporaceae, Aquifoliaceae, Rhamnaceae, Ampelideae.

Die **Celastraceen** haben aktinomorphe Blüthen nach der Formel:

$$K\,4\,C\,4\,A\,4\,G\,(\underline{4}).$$

Daneben kommen bisweilen fünfzählige Blüthen vor. Die Kronblätter greifen in der Knospe dachig über einander, die Staubfäden alterniren mit den Kronblättern. Jedes Fach des Fruchtknotens enthält zwei oder mehr aufrechte anatrope Samenanlagen. Die meisten Arten sind Bäume und Sträucher der warmen und gemässigten Zone. Evonymus europaeus, der Spindelbaum, wächst bei uns in Gebüschen und Hecken und ist durch die rosenrothen, stumpf vierkantigen Früchte auffällig, welche vier weisse Samen mit gelbem Arillus einschliessen.

Die **Aquifoliaceen** stimmen im Blüthenbau mit den Celastraceen überein, nur enthält jedes Fach des Fruchtknotens eine einzige, hängende Samenanlage. Ilex Aquifolium, die Stechpalme, ein Strauch mit lederigen, dornig gezähnten, eliptischen Blättern, grünlich weissen Blüthen und rothen Beeren findet sich hin und wieder in den Wäldern Norddeutschlands.



Figur 290.
Rhamnus Frangula.

Die **Rhamnaceen** sind aufrechte Sträucher mit vier- oder fünfzähligen Blüthenkreisen. Die kleinen Kronblätter berühren sich in der Knospe nur mit den Rändern. Die Staubblätter sind den Kronblättern superponirt. Der oberständige zwei- bis fünffächerige Fruchtknoten wird zur Kapsel oder Steinfrucht. Rhamnus cathartica mit vierzähligen und Rh. Frangula mit fünfzähligen Organkreisen in der Blüthe sind einheimische Sträucher, welche in Wäldern und Gebüschen ziemlich häufig sind. Die Früchte der ersteren Art sind als Kreuzdornbeeren, Fructus Rhamni catharticae, officinell. Die letztere Art liefert die officinelle Faulbaumrinde, Cortex Frangulae.



Figur 291.
Ampelopsis.

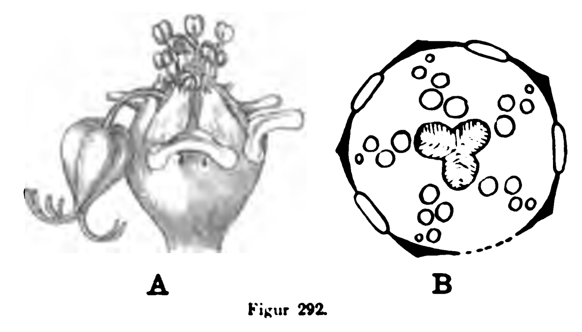
Die **Ampelideen** stimmen im Bau der äusseren Organkreise der Blüthe mit den Rhamnaceen überein, der Fruchtknoten ist aber zwei- oder seltener vierfächerig und wird zur Beere. Die meisten Arten sind Kettersträucher mit Ranken. Ampelopsis hederacea, der wilde Wein, aus Nordamerika stammend, wird bei uns zur Bekleidung von Hauswänden und Lauben angepflanzt. Vitis vinifera, der Weinstock, ist eine uralte Culturpflanze, die in vielen Varietäten angebaut und zur Weingewinnung verwendet wird.

Fünfte Reihe: **Die Trikokker.**

Die Blüthen sind meist eingeschlechtig. Das Perigon ist, wenn vorhanden, einfach oder aus Kelch und Krone gebildet. Die Zahl der Staubblätter schwankt in weiten Grenzen, bisweilen ist nur eines vorhanden. Der oberständige Fruchtknoten ist meist dreifächerig. Jedes Fach enthält eine oder zwei anatrope Samenanlagen, welche hängend und mit der Mikropyle nach auswärts gewendet sind. Am endospermhaltigen Samen ist häufig eine Carunkel ausgebildet.

Die Reihe enthält nur wenige Familien: Euphorbiaceae, Callitrichaceae, Buxaceae, Empetraceae.

Die vielgestaltige Familie der **Euphorbiaceen** enthält Bäume, Sträucher und Kräuter von verschiedenstem Habitus. Die Blüthen sind monöcisch oder diöcisch. Sie haben entweder Kelch und Krone, beide drei- bis sechsgliederig, oder ein drei- oder mehrgliederiges Perigon, oder die Blüthen sind nackt. Der dreiknopfige Fruchtknoten zerfällt bei der Reife in drei von einer bleibenden Mittelsäule elastisch abspringende Früchtchen. Die Gattung Euphorbia, Wolfsmilch, enthält zahlreiche Arten mit ungegliederten Milchröhren. Die nackten Blüthen stehen in eigenthümlichen Blüthenständen, welche eine weibliche Blüthe und zehn bis zwölf männliche Blüthen enthalten und von einer becherförmigen Hülle, dem Cya-



Figur 292.
A Cyathium von Euphorbia. **B** Diagramm desselben. Die männlichen Blüthen sind durch Kreise angedeutet, die weibliche Blüthe ist schraffirt.

thium, eingeschlossen werden. Zahlreiche Arten sind einheimisch; zu den häufigsten gehören bei uns Euphorbia Peplus, E. Esula, E. Cyparissias und die eingewanderte E. Helioscopia. Alle Euphorbien sind scharfe Giftpflanzen. Manche Arten sind Stammsucculenten. Das gilt unter anderen von der in Afrika heimischen officinellen Euphorbia resinifera, welche ein Gummiharz, das Euphorbium der Pharmakopöe, liefert. Von den übrigen Gattungen der Familie ist als einheimisch nur noch Mercurialis zu nennen, deren monöcische oder diöcische Blüthen ein drei- oder viertheiliges Perigon besitzen.

Von ausländischen Arten sind officinell der auch bei uns als Zierpflanze gezogene Ricinus communis, dessen Samen das Ricinusöl, Oleum Ricini, liefern; ferner Mallotus philippinensis, dessen Früchte einen eigenartigen Haarbesatz haben, welcher durch Abbürsten gewonnen die als Kamala bezeichnete Droge liefert; endlich zwei Arten der Gattung Croton. Croton Eluteria liefert die Cascarillrinde, Cortex Cascarillae, aus den Samenkernen von Croton Tiglium wird das Crotonöl, Oleum Crotonis, gewonnen.

Einige Arten der Gattung Siphonia, besonders Siphonia elastica, S. brasiliensis u. a. m. liefern Kautschuk. Die Wurzel der in den Tropen angebauten Manihot utilissima liefert Stärkemehl, welches als Tapiocca auch zu uns in den Handel kommt.

Die **Callitrichaceen** sind Wasserpflanzen. Sie haben monöcische, nackte Blüthen; die männlichen bestehen aus einem Staubgefäss, die weiblichen aus einem vierfächerigen Fruchtknoten mit einsamigen Fächern und zwei Griffeln. Einige Arten der Gattung Callitriche z. B. C. verna und C. stagnalis sind bei uns in stehenden oder langsam fliessenden Gewässern häufig.

Sechste Reihe: **Die Calycifloren.**

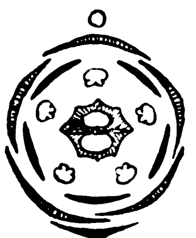
Die Calycifloren sind dadurch ausgezeichnet, dass die Blüthenhülle und das Androeceum ihrer Blüthen oder doch eines von Beiden perigyn oder epigyn gestellt sind. Die Blüthen sind meist cyklisch gebaut. Die Blüthenhülle besteht aus Kelch und Krone, im Androeceum tritt bisweilen Vermehrung der Gliederzahl durch Spaltung ein. Es sind selten mehr als zwei Staubblattkreise vorhanden. Die Fruchtblätter sind meist syncarp seltener apocarp.

Hierher gehören acht Ordnungen:

a) Umbelliflorae, b) Saxifraginae, c) Opuntinae,
d) Passiflorinae, e) Myrtiflorae, f) Thymelaeinae, g) Rosiflorae,
h) Leguminosae.

a) Die **Umbellifloren.** Die Blüthen sind rein epigyn meist fünf- oder vierzählig. Der Kelch ist rudimentär, die Zahl der Staubblätter gleich der der Kronblätter. Das Gynaeceum besteht aus zwei, selten aus mehr Fruchtblättern. Der Fruchtknoten ist gefächert, jedes Fach enthält eine Samenanlage. Der Blüthenstand ist meist eine Dolde.

Familien: Umbelliferae, Araliaceae, Cornaceae.



Figur 298.
Diagramm der Umbelliferen.

Die Blüthen der **Umbelliferen** entsprechen durchweg der Formel

$$K\,5\;C\,5\;\;A\,5\;G\,(\overline{2}).$$

In jedem Fach des Fruchtknotens hängt eine anatrope Samenanlage mit auswärts gewendeter Mikropyle. Die Blüthen stehen in zusammengesetzten, oder seltener in einfachen Dolden. Die Früchte der Umbelliferen sind Doppelachänien. Jede Theilfrucht besitzt fünf vorspringende Längsrippen, die rinnigen

Vertiefungen zwischen denselben werden als Thälchen bezeichnet. Bisweilen treten in den Thälchen noch wieder Längsrippen hervor, welche gegenüber den fünf Hauptrippen als Nebenrippen bezeichnet werden. In den Thälchen und an der als Fugenfläche bezeichneten Berührungsfläche der Theilfrüchte, verlaufen häufig längsgerichtete ölhaltige Kanäle in der Fruchtknotenwand, welche Oelstriemen genannt werden. Der in der Theilfrucht enthaltene Same birgt einen kleinen Embryo und massiges Endosperm. Nach der Form des Endospermkörpers unterscheidet man in der grossen Familie drei Gruppen:

1. Orthospermae. Der Endospermkörper ist auf der Fugenseite flach, oder doch nicht concav. Gattungen: Hydrocotyle, Sanicula, Astrantia, Eryngium, Cicuta, Apium, Petroselinum, Helioscíadium, Falcaria, Aegopodium, Carum, Pimpinella, Sium, Berula, Bupleurum, Oenanthe, Aethusa, Foeniculum, Seseli, Angelica, Archangelica, Levisticum, Peucedanum, Imperatoria, Anethum, Pastinaca, Heracleum, Ferula, Dorema, Cuminum, Laserpitium, Daucus.
2. Campylospermae. Der Endospermkörper hat auf der Fugenseite eine Längsfurche. Gattungen: Caucalis, Turgenia, Torilis, Scandix, Anthriscus, Chaerophyllum, Myrrhis, Conium, Pleurospermum.
3. Coelospermae. Der Endospermkörper ist an der Fugenseite uhrglasartig ausgehöhlt. Gattung: Coriandrum.

Viele Arten sind in Deutschland einheimisch. Als gemeinste bei uns überall verbreitete Arten mögen genannt werden Aegopodium Podagraria, Carum Carvi, Pastinaca sativa, Heracleum Sphondylium, Daucus Carota, Anthriscus silvestris, Chaerophyllum temulum. Als Küchengewächse respective als Gemüsepflanzen werden häufiger angebaut: Apium graveolens, der Sellerie; Petroselium sativum, die Petersilie; Carum Carvi, der Kümmel; Anethum graveolens, der Dill; Anthris cus Cerefolium, der Kerbel: Daucus Carota, die Mohrrübe. Stark giftigwirkende Stoffe enthalten: Cicuta vicosa, der Wasserschierling; Aethusa Cynapium, Conium maculatum. Officinell sind: Kümmel, Fructus Carvi von Carum Carvi; Anis, Fructus Anisi von Pimpinella Anisum; der Fenchel, Fructus Foeniculi von Foeniculum capillaceum; Angelikawurzel, Radix Angelicae von Archangelica officinalis; Liebstöckelwurzel, Radix Levistici von Levisticum officinale; Bibernellwurzel, Radix Pimpinellae von Pimpinella Saxifraga und P. magna; Schierling, Herba Conii von Conium maculatum; — ferner Galbanum, Gummiharz von Peucedanum galbanifluum; Asant, Asa foetida, Gummiharz von Peucedanum Scorodosma, P. Narthex u. a. m.

Die **Araliaceen** weichen im Blüthenbau nur wenig von den Umbelliferen ab. Das Gynaeceum besteht aus zwei oder mehr Fruchtblättern und wird zur Beere oder Steinfrucht. Einheimisch ist nur Hedera Helix, der Epheu.

Die **Cornaceen** haben vierzählige Organkreise in der Blüthe. Der zweifächerige Fruchtknoten wird zur Steinfrucht. Die hängenden anatropen Samenanlagen sind mit der Mikropyle einwärts gekehrt. Cornus mas und C. sanguinea, der Hartriegel, sind einheimische Sträucher, die häufig in Gebüschen und Hecken angepflanzt werden,

b) Die **Saxifraginen**. Die Blüthen der verschiedenen Gattungen zeigen alle Uebergänge von hypogynem zu epigynem Bau. Der Kelch ist wohl entwickelt, die Krone oft rudimentär. Das Androeceum ist meist obdiplostemon bisweilen fehlen die Kronstamina. Die Fruchtblätter sind den übrigen Kreisen gleichzählig oder bis auf zwei vermindert; sie sind ganz oder nur im oberständigen Theil apocarp.



Figur 294.
Saxifraga granulata.

Familien: Crassulaceae, Saxifragaceae, Hamamelideae.

Die **Crassulaceen** sind Blattsucculenten, in deren Blüthen alle Kreise drei- bis dreissigzählig sind. Ein-

heimisch sind die Gattungen Sedum mit fünftheiligem und Sempervivum mit sechs oder mehrtheiligem Kelch. Sedum acre ist an sandigen Plätzen überall gemein.

Die **Saxifragaceen** haben meist aktinomorphe Blüthen mit vier- oder fünfzähligen Kreisen. Die Krone ist zum Schwinden geneigt. Das Gynaeceum ist zwei- bis fünfblättrig, unter-, ober- oder halboberständig. Saxifraga, Chrysosplenium, Parnassia und Ribes sind einheimische Gattungen. Ribes rubrum, die Johannisbeere, und R. Grossularia, die Stachelbeere, werden überall als Beerenobst angebaut. Philadelphus coronarius und Deutzia scabra sind beliebte Ziersträucher.

c) Die **Opuntinen.** Die Blüthen sind rein epigyn und spiralig gebaut. Kelch und Krone bestehen aus vielen Blättern und gehen ohne scharfe Grenze in einander über. Die Staubblätter sind gleichfalls zahlreich. Das Gynaeceum besteht aus drei bis vielen synkarpen Fruchtblättern. Der Fruchtknoten ist einfächerig und enthält viele Samenanlagen in parietaler Placentation.

Familie: Cactaceae.

Die **Cactaceen** sind Stammsucculenten des wärmeren Amerika. Im Blüthenbau entsprechen sie der Charakteristik der Ordnung, deren einzige Familie sie bilden. Manche Arten von Cereus, Opuntia, Mamillaria, Echinocactus, Phyllocactus u. a. m. werden bei uns als Topfpflanzen gezogen.

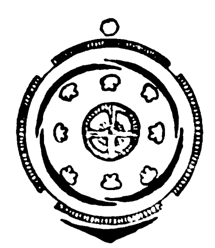
d) Die **Passiflorinen.** Die aktinomorphen Blüthen sind epi- oder perigyn. Die Blüthenhülle besteht aus Kelch und Krone. Das Androeceum ist haplostemon oder diplostemon, oder es enthält zahlreiche Staubblätter in unbestimmter Anordnung. Das Gynaeceum besteht aus drei Fruchtblättern, welche einen einfächerigen Fruchtknoten mit perietaler Placentation bilden.

Familien: Passifloraceae, Papayaceae, Turneraceae, Loasaceae, Datiscaceae, Begoniaceae.

Die Familien der Ordnung gehören ausnahmslos den wärmeren Erdstrichen an. Die zu den **Begoniaceen** gehörige Gattung Begonia liefert einige unter dem Namen Schiefblatt bei uns in Töpfen cultivirte Zierpflanzen.

e) Die **Myrtifloren** haben epi- oder perigyne Blüthen von regelmässigem Bau. Die Kreise sind meist vier- bis fünfzählig, Kelch und Krone sind vorhanden. In der Knospe berühren sich die Kelchblätter mit den Rändern. Die Staubblätter stehen in zwei Kreisen oder sind zahlreich. Das Gynaeceum ist synkarp mit einfachem Griffel. Der Fruchtknoten ist mehrfächerig.

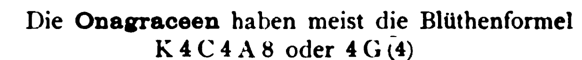
Familien: Onagraceae, Halorhagidaceae, Combretaceae, Rhizophoraceae, Lythraceae, Melastomaceae, Myrtaceae.



Figur 295.

Epilobium.

Die **Onagraceen** haben meist die Blüthenformel



$K\,4\;C\,4\;A\,8$ oder $4\;G(\bar{4})$

daneben kommen auch zwei-, drei- und fünfzählige Blüthen vor. In der Knospe sind die Kelchblätter klappig, die Kronblätter sind rechts gedreht oder fehlen bisweilen. Die Griffel sind verwachsen, die Fruchtknotenfächer enthalten meist viele Samenanlagen. Von den Gattungen sind Epilobium und Circaea als einheimische zu nennen. Epilobium parviflorum, E. hirsutum, E. angustifolium und Circaea lutetiana

kommen häufiger vor. Oenothera biennis aus Virginien ist bei uns an vielen Orten eingebürgert. Die südamerikanische Gattung Fuchsia wird in vielen Arten und Varietäten als Zierpflanze in Töpfen gezogen.

Die **Halorhagidaceen** stimmen mit den Onagraceen im Blüthenbau überein nur sind die Griffel frei und die Fruchtknotenfächer einsamig. Hierher gehören einige einheimische Wasserpflanzen aus der Gattung Myriophyllum.

Die perigynen Organkreise in den Blüthen der **Lythraceen** sind meist sechszählig, die Kronblätter sind in der Knospe geknittert oder fehlen bisweilen ganz. Die Frucht ist eine Kapsel mit ein bis sechs vielsamigen Fächern. Das hierher gehörige bei uns auf feuchten Stellen gemeine Lythrum Salicaria ist durch Heterostylie ausgezeichnet.

Die Blüthen der **Myrtaceen** haben vierzähligen Kelch und Krone. Das Androeceum ist durch Spaltung vielzählig. Das unterständige Gynaeceum besteht aus zwei bis vier Fruchtblättern. Die Familie ist auf die warme Zone beschränkt, die meisten Arten sind an aromatischen Stoffen reiche Holzpflanzen, einige liefern officinelle Stoffe: Gewürznelken, Caryophylli sind die nicht geöffneten Blüthen von Eugenia caryophyllata; die Granatrinde, Cortex Granati, stammt von Punica Granatum.

f) Die **Thymelaeinen**. Die Blüthen sind perigyn meist mit kronartigem Kelch und ohne Krone. Die Staubblätter stehen in einem oder in zwei Kreisen. Das Gynaeceum besteht aus nur einem frei im Centrum stehenden Fruchtblatt meist mit nur einer Samenanlage.

Familien: Thymelaeaceae, Elaeagnaceae, Proteaceae.

Die **Thymelaeaceen** haben ein kronblattartiges, röhrig verwachsenes Perigon mit viertheiligem Saum, dessen Zipfel in der Knospe dachig über einander greifen. Die vier oder acht Staubblätter sind mit dem Perigon verwachsen, der oberständige Fruchtknoten enthält eine hängende Samenanlage und wird zur Beere. Die hierher gehörenden Pflanzen sind meist Sträucher und scharfe, zum Theil ätzende Giftpflanzen. Einheimisch ist Daphne Mezereum, der Seidelbast, ein Strauch, der im ersten Frühling vor dem Erscheinen der Blätter mit rosenrothen, betäubend süsslich riechenden Blüthen bedeckt ist.

Die **Elaeagnaceen** haben eine aufrechte Samenknospe im Fruchtknoten. Die Frucht ist eine Nuss, welche vom bleibenden Grunde des Perigons eingeschlossen ist. Die Epidermis der hierher gehörenden Bäume und Sträucher ist mit silberweissen oder bräunlichen Sternhaaren bedeckt. Elaeagnus angustifolius, die Oelweide, und Hippophaë rhamnoides, der Sanddorn, sind bei uns als Ziersträucher in Anlagen zu finden.

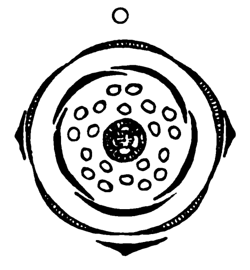
g) Die **Rosifloren**. Die Blüthen sind peri- oder epigyn. Kelch und Krone sind meist fünfzählig und alternirend. Das Androeceum enthält 5 bis 30 Staubblätter. Die Fruchtblätter sind meist sehr zahlreich doch kommen auch niedere Zahlen bis zu 1 vor. Die Griffel sind stets frei.

Familie: Rosaceae.

Die **Rosaceen** sind Bäume, Sträucher oder Kräuter. Die charakteristischen Merkmale des Blüthenbaues stimmen mit denen der Ordnung uberein. Die Fruchtbildung ist sehr verschieden; man unterscheidet danach sechs Unterfamilien:

1. Pomeae. Das Gynaeceum ist aus zwei bis fünf verwachsenen Fruchtblättern gebildet und enthält mehrere Samenanlagen. Gattungen: Crataegus, Mespilus, Cotoneaster, Pirus, Cydonia, Sorbus.
2. Roseae. Das aus vielen apokarpen Fruchtblättern bestehende Gynaeceum ist in ein fleischig werdendes, unterständiges Receptaculum eingesenkt. Die einsamigen Theilfrüchte in der als Hagebutte bezeichneten Scheinfrucht sind zuletzt steinartig. Gattung: Rosa.

3. Potentilleae. Die meist zahlreichen, apokarpen Fruchtblätter sind zu einem oberständigen Syncarpium vereinigt. Die reifen Theilfrüchte sind trocken oder steinfruchtartig. Gattung: Alchemilla, Potentilla, Comarum, Fragaria, Rubus, Geum, Dryas.
4. Poterieae. Die ein bis drei apokarpen Fruchtblätter sind in ein zuletzt erhärtendes Receptaculum eingeschlossen und bilden bei der Reife nussartige, einsamige Theilfrüchte. Gattungen: Sanguisorba, Poterium, Agrimonia.
5. Spiraeeae. Das Gynaeceum besteht meist aus fünf einblätterigen, mehrsamigen, oberständigen Früchten, welche bei der Reife balgfruchtartig aufspringen. Gattungen: Spiraea, Kerria, Hagenia, Quillaia.
6. Pruneae. Das Gynaeceum besteht aus einem frei im Grunde des Receptaculums stehenden Fruchtblatt, welches bei der Reife zur einsamigen Steinfrucht wird. Gattungen: Persica, Prunus.



Figur 296.

Pirus communis.

Die meisten der genannten Gattungen sind in der einheimischen Flora vertreten; als häufigste Arten mögen genannt sein: Crataegus oxyacantha, Sorbus aucuparia, Rosa canina, Alchemilla vulgaris, Potentilla anserina, P. Tormentilla, P. reptans, P. argentea, P. verna, Fragaria vesca, Rubus caesius, Spiraea ulmaria, Prunus spinosa. — Pirus communis, der Birnbaum; P. malus, der Apfelbaum; Cydonia vulgaris, die Quitte; Arten von Fragaria, Erdbeere; Rubus Idaeus, die Himbeere; Prunus domestica, die Pflaume; P. insititia, die Kreke; P. Armeniaca, die Aprikose; P. Cerasus, die Weichsel; P. avium, die Kirsche und Persica vulgaris, der Pfirsich werden in zahlreichen Varietäten angebaut und liefern in ihren Früchten die geschätztesten Obstsorten. Viele Arten der Gattungen Rosa und Spiraea sind beliebte Zierpflanzen. Officinell sind Rosenblätter, Flores Rosae, die Kronblätter von Rosa centifolia; Kosoblüthen, Flores Koso, weibliche Blüthen oder Blüthenstände von Hagenia abyssinica; bittere Mandeln, Amygdalae amarae, und süsse Mandeln, Amygdalae dulces, die Samen zweier Varietäten von Prunus Amygdalus; Seifenrinde, Cortex Quillaiae, von Quillaia Saponaria. Ferner ist Himbeersirup, Sirupus Rubi Idaei, und Kirschensirup, Sirupus Cerasorum, in der Pharmakopöe vorgeschrieben.

h) Die **Leguminosen**. Die meist zygomorphen Blüthen sind perioder hypogyn, nie epigyn. Die Blüthenhülle besteht in der Anlage in der Regel aus zwei Kreisen mit je fünf Gliedern. Die Zahl der Staubblätter ist meist zehn. Das Gynaeceum besteht aus einem einzigen Fruchtblatt, welches zur Hülse wird.

Familien: Papilionaceae, Caesalpinieae, Mimosaceae.

Die **Papilionaceen** haben Schmetterlingsblüthen, welche der Formel

K 5 C 5 A (10) oder (9) + 1 seltener 10 G $\underline{1}$.



Figur 297.

Vicia Faba.

entsprechen. Die Blätter der Krone greifen von hinten nach vorne übereinander. Die Familie umfasst in zahlreichen Gattungen Bäume, Sträucher und Kräuter. Als häufigste einheimische Arten mögen genannt sein: Genista tinctoria, G. germanica, Anthyllis vulneraria, Ononis spinosa, Melilotus officinalis, Trifolium repens, T. pratense, T. arvense, T. procumbens, Lotus corniculatus, Vicia Cracca, V. sepium, V. angustifolia, Orobus vernus. — Gemüsepflanzen sind Vicia Faba, Lens esculenta, Pisum sativum, Phaseolus vulgaris. — Als Feldfrüchte zu Futterzwecken werden häufig bei uns angebaut Medicago sativa, verschiedene Arten von Trifolium, Onobrychis sativa, Vicia Faba und V. sativa, Lathyrus silvestris, Pisum sativum, Lupinus luteus und L. angustifolius. — Als Zierpflanzen werden verwendet Cytisus

Laburnum, Robinia Pseudacacia, Colutea arborescens, Caragana arborescens, Glycine chinensis. Officinell sind: Hauhechelwurzel, Radix Ononidis von Ononis spinosa; Bockshornsamen, Semen Faenugraeci von Trigonella Faenum graecum; Steinklee, Herba Meliloti von Melilotus officinalis und M. altissimus; Süssholz, Radix Liquiritiae von Glycyrrhiza glabra; Traganth, Tagacantha, erhärteter Schleim der Stämme von Astragalus adscendens, A. leioclados, A. brachycalyx, A. gummifer, A. microcephalus, A. pycnoclados, A. verus; Chrysarobin, Chrysarobinum, ein krystallinisches Pulver, welches durch Reinigung der in den Höhlungen der Stämme von Andira Araroba ausgeschiedenen Masse erhalten wird; Tolubalsam, Balsamum tolutanum, das erhärtete Harz der Toluifera Balsamum; Perubalsam, Balsamum peruvianum, der Harzsaft der Rinde von Toluifera Pereirae.

Die Blüthenhülle der **Caesalpinieen** ist nach derselben Formel gebaut wie die der Papilionaceen, die Kronblätter decken sich aber von vorne nach hinten oder fehlen zuweilen ganz. Staubblätter sind oft weniger, seltener mehr als zehn, alle frei oder in verschiedener Weise verwachsen. Alle Arten gehören der wärmeren Zone an. Officinell sind: Sennesblätter, Folia Sennae, die Fiederblättchen von Cassia angustifolia und C. acutifolia; Tamarindenmus, Pulpa Tamarindorum cruda, das schwarzbraune Mus der Hülsen von Tamarindus indica; Copaivabalsam, Balsamum Copaïvae, der Harzsaft südamerikanischer Copaïfera-Arten, vorzüglich der Copaïfera officinalis und C. guianensis; Ratanhiawurzel, Radix Ratanhiae, Wurzeläste von Krameria triandra.

Die Familie der **Mimosaceen** umfasst die Leguminosen mit aktinomorphen Blüthen. Auf den verwachsenblätterigen Kelch folgt eine wohlentwickelte Krone mit klappiger Knospenlage; das in der Anlage diplostemone Androeceum erscheint durch Fehlschlagen der Kronstamina haplostemon oder es wird durch Vermehrung der Glieder vielzählig. Das Gynaeceum ist in der für die Leguminosen typischen Weise ausgebildet. Die zahlreichen hierher gehörenden Gattungen sind auf die warme Zone beschränkt. Mimosa pudica, welche durch die hohe Reizbarkeit ihrer Blätter vor anderen Arten ausgezeichnet ist, wird bei uns vielfach in Gewächshäusern gezogen (Fig. 186). Manche Arten der Gattung Acacia sind, wie die in Figur 60 abgebildete, durch Phyllodienbildung ausgezeichnet. Officinell sind: Katechu, Catechu, ein Extrakt aus dem Holze von Acacia Catechu, und arabisches Gummi, Gummi arabicum, hauptsächlich von Acacia Senegal.

B. Die Sympetalen.

Die Sympetalen umfassen drei Reihen:

1. Isocarpae (Seite 313), 2. Anisocarpae hypogynae (Seite 315),
3. Anisocarpae epigynae (Seite 317).

Erste Reihe: Die Isokarpen.

Die Isokarpen haben cyklische Blüthen mit Kelch und Krone. Das Androeceum besteht der Regel nach aus zwei Kreisen, die in der Zahl der Glieder mit den Kreisen der Blüthenhülle übereinstimmen. Auch die Fruchtblätter sind in gleicher Zahl vorhanden und bilden einen meist oberständigen Fruchtknoten.

Man unterscheidet drei Ordnungen:

a) Ericinae, b) Primulinae, c) Diospyrinae.

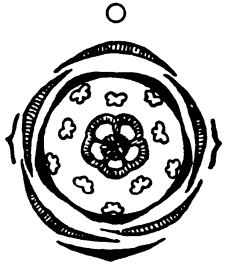
a) Die **Ericinen** haben ein obdiplostemones Androeceum. Der Fruchtknoten ist bisweilen halb unterständig oder unterständig.

Familien: Ericaceae. Epacrideae.

Bei den **Ericaceen** sind gewöhnlich beide Staminalkreise entwickelt, die Antheren sind meist zweihörnig und springen mit zwei Poren auf, die Pollenkörner bleiben zu je vier vereinigt.

Man unterscheidet fünf Unterfamilien:

1. Vaccinieae. Der Fruchtknoten ist unterständig. Gattung: Vaccinium.
2. Ericeae. Der Fruchtknoten ist oberständig, die Frucht meist eine loculicide Kapsel. Gattungen: Erica, Calluna, Andromeda, Arctostaphylos.
3. Rhodoreae. Der Fruchtknoten ist oberständig, die Kapsel septicid. Gattungen: Azalea, Rhododendron, Ledum.
4. Piroleae. Die Kronblätter sind frei, die Antheren sind ohne Anhängsel, Pflanzen mit grünen Blättern. Gattung: Pirola.
5. Monotropeae wie vorige, aber die Pflanze blattlos und ohne Chlorophyll. Gattung: Monotropa.



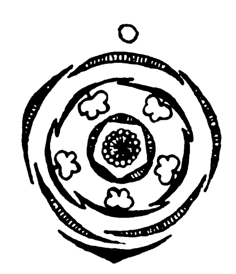
Figur 298.

Vaccinium Vitis idaea.

Alle genannten Gattungen sind, wenn auch meist nur durch seltene Arten, in Deutschland vertreten. Häufiger sind Vaccinium Myrtillus und V. Vitis idaea, deren Beerenfrüchte auf den Markt gebracht werden; ferner Calluna vulgaris, Pirola rotundifolia. Einige ausländische Arten von Azalea und Rhododendron werden bei uns als Zierpflanzen gezogen. Officinell sind nur die Bärentraubenblätter, Folia Uvae Ursi von Arctostaphylos Uva Ursi.

b) Die **Primulinen.** Die Blüthen sind in der Anlage diplostemon, häufig ist aber der äussere Staubblattkreis unterdrückt. Die Kronstamina sind den Kronblättern angewachsen. Der Fruchtknoten ist einfächerig und enthält eine Centralplacenta mit zahlreichen Samenanlagen oder eine einzelne, central gestellte Samenanlage.

Familien: Primulaceae, Myrsinaceae, Plumbaginaceae.



Figur 299.

Primula.

Die Familie der **Primulaceen** ist charakterisirt durch die Kapselfrucht mit vielsamiger Centralplacenta, sie umfasst einjährige und ausdauernde Kräuter, von denen zahlreiche Arten besonders aus den Gattungen Anagallis, Lysimachia, Primula, Androsace bei uns einheimisch sind. Häufiger kommen vor Anagallis arvensis, Lysimachia Nummularia und L. vulgaris, Primula elatior und P. officinalis. Arten von Primula und Cyclamen werden als Zierpflanzen gezogen.

Die **Myrsinaceen** sind tropische Bäume und Sträucher mit Beerenfrucht. Die **Plumbaginaceen** haben als Früchte einsamige Achänien, welche vom bleibenden Kelch umgeben sind. Armeria vulgaris ist ein häufiger vorkommender einheimischer Vertreter.

c) Die **Diospyrinen.** Die Blüthen sind diplostemon. Die Kelchstamina sind bisweilen unfruchtbar. Der Fruchtknoten ist in der Regel mehrfächerig.

Familien: Sapotaceae, Ebenaceae, Styraceae.

Alle drei Familien gehören den wärmeren Erdstrichen an. Die **Sapotaceen** haben oberständige Fruchtknoten mit je einer Samenanlage in jedem Fach. Officinell ist die Guttapercha, Gutta Percha, der eingetrocknete Milchsaft verschiedener Arten der Gattungen Dichopsis, Isonandra und Payena.

Die **Ebenaceen** haben oberständige Fruchtknoten mit zwei Samenanlagen in jedem Fach. Das schwarze Kernholz von Diospyros Ebenum wird als Ebenholz in der Kunsttischlerei verwendet.

Die **Styraceen** haben unterständige Fruchtknoten. Officinell ist die Benzoe, Benzoë, ein Harz aus der Rinde von Styrax Benzoïn.

Zweite Reihe: **Die hypogynen Anisokarpen.**

Die regelmässigen cyklischen Blüthen haben Kelch und Krone, das Androeceum ist haplostemon. Die Zahl der Fruchtblätter ist geringer als die Gliederzahl der übrigen Kreise, meist gleich zwei oder drei. Der Fruchtknoten ist stets oberständig.

Wir unterscheiden drei Ordnungen:

a) Tubiflorae, b) Labiatiflorae, c) Contortae.

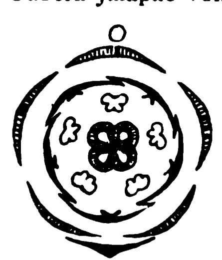
a) Die **Tubifloren** haben fast ausnahmslos eine aktinomorphe Blüthenhülle aus Kelch und Krone. Die Kronblätter sind in der Regel hochhinauf verwachsen, so dass die Krone unten eine Röhre bildet. Meist folgen auf das fünfzählige Androeceum zwei Fruchtblätter.

Familien: Convolvulaceae, Polemoniaceae, Asperifoliaceae, Solanaceae.

Die **Convolvulaceen** haben eine gewöhnlich rechtsgedrehte Krone. Der Fruchtknoten ist meist zweifächerig mit ein- oder zweisamigen Fächern. Die meisten Arten sind windende Kräuter mit wechselständigen Blättern. Die Arten der Gattung Cuscuta sind blattlose Stengelschmarotzer. Verbreitete einheimische Vertreter der Familie sind Convolvulus arvensis und C. sepium sowie Cuscuta europaea. Officinell sind die Jalapenknollen, Tubera Jalapae von Ipomoea Purga.

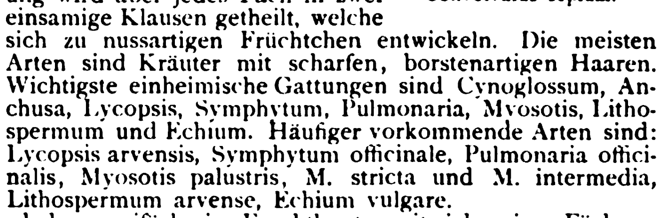
Figur 300.

Convolvulus sepium.



Figur 301.

Anchusa officinalis.



Die **Asperifoliaceen** haben einen der Anlage nach zweifächerigen Fruchtknoten mit einfachem Griffel und mit zwei Samenanlagen in jedem Fach; durch Einschnürung wird aber jedes Fach in zwei einsamige Klausen getheilt, welche sich zu nussartigen Früchtchen entwickeln. Die meisten Arten sind Kräuter mit scharfen, borstenartigen Haaren. Wichtigste einheimische Gattungen sind Cynoglossum, Anchusa, Lycopsis, Symphytum, Pulmonaria, Myosotis, Lithospermum und Echium. Häufiger vorkommende Arten sind: Lycopsis arvensis, Symphytum officinale, Pulmonaria officinalis, Myosotis palustris, M. stricta und M. intermedia, Lithospermum arvense, Echium vulgare.

Die **Solanaceen** haben zweifächerige Fruchtknoten mit vielsamigen Fächern. Die Fruchtfächer sind diagonal gestellt. Nach der Art der Fruchtbildung kann man unterscheiden

1. Solaneae mit Beerenfrucht. Gattungen: Solanum, Physalis, Atropa, Lycium, Capsicum.
2. Datureae mit Kapselfrucht. Gattungen: Datura, Hyoscyamus, Nicotiana, Petunia.

Die Solanaceen enthalten meistens narkotisch wirkende Alkaloide, viele sind Giftpflanzen oder liefern wirksame Arzneistoffe. Solanum nigrum und S. dulcamara kommen häufiger bei uns wildwachsend vor. Solanum tuberosum, die Kartoffel, stammt aus Amerika und wird bei uns als wichtige Nahrungspflanze überall angebaut. Wichtig als Genussmittel ist ferner der Tabak, die Blätter verschiedener Nicotiana-Arten, besonders Nicotiana Tabacum, N. macrophylla und N. rustica, welche in den verschiedensten Ländern der heissen und gemässigten Zonen



Figur 302.

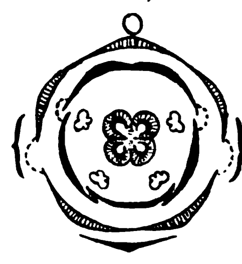
Datura Stramonium.

cultivirt werden. Officinell sind: spanischer Pfeffer, Fructus Capsici von Capsicum annuum; Belladonnablätter, Folia Belladonnae von Atropa Belladonna; Tabakblätter, Folia Nicotianae von Nicotiana Tabacum; Stechapfelblätter, Folia Stramonii von Datura Stramonium; Bilsenkraut, Herba Hyoscyami von Hyoscyamus niger.

b) Die **Labiatifloren**. Die Blüthen sind deutlich medianzygomorph, Kelch und Krone sind meist zweilippig. Von den fünf Staubblättern ist meist das median hintere bisweilen auch noch das Paar der seitlich hinteren unterdrückt. Der Fruchtknoten wird aus zwei median gestellten Fruchtblättern gebildet und trägt einen einfachen Griffel.

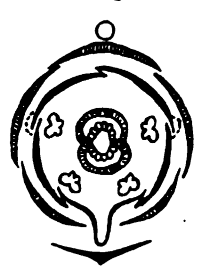
Familien: Labiatae, Scrophulariaceae, Lentibulariaceae, Gesneraceae, Bignoniaceae, Acanthaceae, Selaginaceae, Verbenaceae, Plantaginaceae.

Die **Labiaten** haben einen aus zwei medianen Fruchtblättern gebildeten Fruchtknoten, der wie bei den Asperifoliaceen durch Einschnürung in vier einsamige Klausen zerfällt. Das Androeceum wird von vier, seltener von zwei Staubblättern gebildet. Die umfangreiche Familie umfasst Sträucher, Halbsträucher und Kräuter mit vierkantigem Stengel und meist einfachen, dekussirten Blättern ohne Nebenblätter. Von den zahlreichen einheimischen Gattungen sind die wichtigsten Mentha, Lycopus, Salvia, Origanum, Thymus, Calamintha, Glechoma, Lamium, Galeobdolon, Galeopsis, Stachys, Ballota, Leonurus, Scutellaria, Prunella, Ajuga, Teucrium. Häufiger vorkommende Arten sind: Mentha aquatica, M. arvensis, Origanum vulgare, Thymus Serpyllum. Glechoma hederacea, Lamium album, L. purpureum, L. amplexicaule, Galeopsis versicolor, Stachys palustris, St. silvatica, St. arvensis, Ballota nigra, Prunella vulgaris, Ajuga reptans. — Officinell sind Lavendelblüthen, Flores Lavandulae von Lavandula vera; Melissenblätter, Folia Melissae von Melissa officinalis; Pfefferminzblätter, Folia Menthae piperitae von Mentha piperita; Salbeiblätter, Folia Salviae von Salvia officinalis; Quendel, Herba Serpylli von Thymus Serpyllum. Thymian, Herba Thymi von Thymus vulgaris; Rosmarinöl, Oleum Rosmarini aus den Blättern von Rosmarinus officinalis.



Figur 303.
Diagramm der meisten Labiaten.

Die **Scrophulariaceen** haben einen zweifächerigen Fruchtknoten mit vielen Samenanlagen. Kelch und Krone sind meist fünfzählig, bisweilen durch Unterdrückung eines Gliedes vierzählig, bisweilen sind alle fünf Staubblätter ausgebildet, häufiger sind vier oder nur zwei vorhanden. Einheimisch sind bei uns die Gattungen Verbascum, Scrophularia, Linaria, Digitalis, Veronica, Melampyrum, Pedicularis, Rhinanthus, Euphrasia, Lathraea. Häufiger sind Verbascum nigrum, Scrophularia nodosa, Linaria vulgaris, Veronica Chamaedrys, V. Beccabunga, V. officinalis, V. serpyllifolia, V. arvensis, V. hederaefolia, Melampyrum nemorosum, M. pratense, Pedicularis palustris, P. silvatica, Rhinanthus major, Rh. minor, Euphrasia officinalis. — Officinell sind Wollblumen, Flores Verbasci von Verbascum phlomoïdes und V. thapsiforme; Fingerhutblätter, Folia Digitalis, von Digitalis purpurea.



Figur 304.
Linaria vulgaris.

Die kleine Familie der **Lentibulariaceen** ist durch einfächerige Kapseln mit vielsamiger Centralplacenta ausgezeichnet. In der heimischen Flora ist sie durch die Gattungen Pinguicula und Utricularia vertreten. Die Arten beider Gattungen sind Insektivoren. Häufiger ist Utricularia vulgaris, ein untergetaucht schwimmendes Kraut.

Die **Gesneraceen** haben einfächerige Fruchtknoten mit wandständigen Placenten, die Frucht ist eine einfächerige Kapsel. Von den einheimischen

gehört hierher die Gattung Orobanche, krautige Pflanzen von gelblicher oder röthlicher Farbe, welche auf den Wurzeln anderer Gewächse schmarotzen. Keine der zahlreichen Arten ist besonders häufig; Orobanche ramosa kommt hie und da auf Hanf- und Tabaksfeldern vor, Orobanche Epithymum schmarotzt auf Thymus Serpyllum. Die Blüthen der **Plantaginaceen** sind durch Unterdrückung eines Gliedes in Kelch und Androeceum und Verschmelzung zweier Kronblätter scheinbar vierzählig. Die Frucht ist meist eine zwei- bis viersamige Deckelkapsel. Einige Arten der Gattung Plantago, z. B. Plantago lanceolata, P. major, P. media sind überall in Deutschland gemein.

c) Die **Contorten**. Die Blüthen sind streng aktinomorph, die Krone ist in der Knospe meist eingedreht. Die Zahl der Glieder in den Blüthenkreisen ist meist vier oder fünf, bisweilen sind nur zwei Staubblätter vorhanden. Das Gynaeceum besteht immer aus zwei Fruchtblättern.

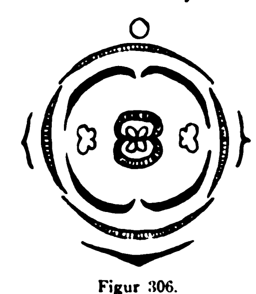
Familien: Apocynaceae, Asclepiadeae, Gentianeae, Loganiaceae, Oleaceae, Jasminaceae.

Die **Gentianeen** haben gleichviel Glieder in Kelch, Krone und Androeceum, die beiden Fruchtblätter sind völlig verwachsen. Der Fruchtknoten ist meist einfächerig mit zwei vielsamigen, wandständigen Placenten. Einheimische Gattungen sind Gentiana, Erythraea, Menyanthes. Als Beispiel möge die überall häufige Erythraea Centaurium genannt sein. Officinell sind Enzianwurzel, Radix Gentianae von Gentiana lutea, G. pannonica, G. purpurea und G. punctata; Tausendgüldenkraut, Herba Centaurii von Erythraea Centaurium; Bitterklee, Folia Trifolii fibrini von Menyanthes trifoliata.



Figur 305.
Menyanthes trifoliata.

Die **Loganiaceen** sind Pflanzen der wärmeren Zone. Die Fruchtblätter bilden einen zweifächerigen Fruchtknoten mit einfachem Griffel. Officinell ist die Brechnuss, Semen Strychni von Strychnos Nux vomica.



Figur 306.
Olea europaea.

Die **Oleaceen** haben zweifächerige Fruchtknoten mit zwei Samenanlagen in jedem Fach. Das Androeceum wird stets nur von zwei Staubblättern gebildet. Einheimische Vertreter der Familie sind Ligustrum vulgare und Fraxinus excelsior, die Esche. Syringa vulgaris, der spanische Flieder, und verwandte Arten sind unsere häufigsten Ziersträucher. Olea europaea ist ein starrer, unansehnlicher Baum der Mittelmeerländer, dessen zwetschenähnliche Früchte das als Speiseöl überall verwendete Olivenöl liefern. Officinell ist Manna, der eingetrocknete Saft aus der Rinde von Fraxinus Ornus, und Olivenöl, Oleum Olivarum von Olea europaea.

Dritte Reihe: **Die epigynen Anisocarpen.**

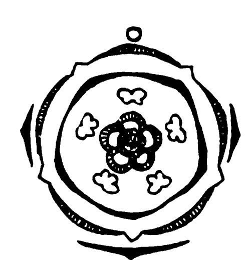
Für diese Reihe ist die Ausbildung eines unterständigen Fruchtknotens das charakteristische Merkmal. Wir unterscheiden drei Ordnungen:

a) Campanulinae, b) Rubiinae, c) Aggregatae,

a) Die **Campanulinen**. In den Kreisen der Blüthe herrscht die Fünfzahl vor. Das Gynaeceum besteht oft aus drei Fruchtblättern, von

denen das eine median nach hinten gestellt ist, daneben kommen zwei mediane Fruchtblätter vor; viel seltener sind ein oder mehr als drei Fruchtblätter.

Familien: Campanulaceae, Lobeliaceae, Stylidiaceae, Gardeniaceae, Cucurbitaceae.



Figur 307.

Campanula.

Die **Campanulaceen** haben aktinomorphe, meist zweigeschlechtige Blüthen mit glockiger oder röhriger Krone und freien, höchsten, oben lose verklebten Staubfäden. Die Frucht ist gewöhnlich eine zwei- oder mehrfächerige mit Klappen oder Löchern aufspringende Kapsel. Die meisten Arten sind Kräuter mit Milchsaft. Die Gattungen Campanula, Specularia, Phyteuma und Jasione sind bei uns vertreten, einige Arten von Campanula, besonders Campanula rotundifolia, C. patula sind überall häufig.

Die **Lobeliaceen** schliessen sich im Blüthenbau der vorigen Familie an, aber die Blumenkrone ist zygomorph, meist zweilippig. Die fünf Staubblätter sind mit ihren Antheren zu einer Röhre verwachsen. Die Frucht ist meist eine zweifächerige Kapsel, seltener eine Beere. In Deutschland ist die Familie nur durch eine einzige seltene Art der Gattung Lobelia vertreten. Ausländische Arten derselben Gattung werden als Zierpflanzen gezogen. Die in Canada und Virginien heimische Lobelia inflata liefert das officinelle Lobelienkraut, Herba Lobeliae.

Die **Cucurbitaceen** haben meist eingeschlechtige, aktinomorphe Blüthen. Die Kreise sind fünfzählig, die Staubblätter sind meist zu drei Filamenten verwachsen, welche zusammen fünf gekrümmte Antheren tragen. Die Früchte sind Beeren oft von beträchtlicher Grösse. Die meisten Arten sind klimmende Kräuter mit Ranken. Einheimisch ist nur die Gattung Bryonia mit zwei nicht gerade häufigen Arten. Cucurbita Pepo, der Kürbis, Cucumis sativa, die Gurke, C. Melo, die Melone, und C. Citrullus, die Arbuse, werden ihrer Früchte wegen in Gärten cultivirt. Officinell sind die Koloquinthen, Fructus Colocynthidis, von Citrullus Colocynthis.

b) Die **Rubiinen**. Der Kelch ist blattartig, oft zum Schwinden geneigt, bisweilen auf kurze Zähnchen reducirt. Die Staubblätter sind auf der Krone eingefügt. Das Gynaeceum bildet einen mehrfächerigen Fruchtknoten mit einer oder mit mehreren zweizeilig geordneten Samenanlagen in jedem Fach.

Familien: Rubiaceae, Caprifoliaceae.

Die **Rubiaceen** haben aktinomorphe Blüthen mit vier- oder fünfzähligen Kreisen und mit zwei verwachsenen Fruchtblättern. Die Familie umfasst Bäume, Sträucher und Kräuter. Neben den einfachen, decussirt stehenden Blättern, stehen Nebenblätter, die oft den Blättern gleich sind und dann mit diesen mehrzählige Scheinquirle bilden. Die Mehrzahl der Arten gehört der warmen Zone an. Man unterscheidet drei Unterfamilien.

1. Stellatae. Die Nebenblätter sind blattartig. Die Fruchtfächer sind einsamig. Gattungen: Galium, Asperula, Sherardia, Rubia.
2. Coffeae. Die Nebenblätter sind schuppenförmig, Die Fruchtfächer sind einsamig. Gattungen: Coffea, Psychotria, Cephaëlis.
3. Cinchoneae. Die Nebenblätter sind schuppenförmig. Die Frucht ist vielsamig. Gattungen: Cinchona, Uncaria.



Figur 308.

Asperula arvensis.

Die Stellaten sind Kräuter, deren genannte Gattungen sämmtlich bei uns vertreten sind. Häufiger vorkommende Arten sind Galium Mollugo, G. verum, Asperula odorata, Sherardia arvensis. Als Vertreter der zweiten Unterfamilie mögen genannt sein Coffea arabica, der Kaffebaum, dessen Kultur im ganzen Tropengürtel verbreitet ist und Cephaëlis Ipecacuanha, deren Wurzel als Brechwurzel Radix Ipecacuanhae officinell ist. Von der dritten Unterfamilie sind verschiedene Cinchona-Arten, besonders C. succirubra officinell, sie liefern die als Heilmittel wichtige Chinarinde, Cortex Chinae. Uncaria Gambir wird neben der früher erwähnten Acacia Catechu zur Gewinnung des officinellen Katechu, Catechu verwendet.

In der Familie der **Caprifoliaceen** kommen neben aktinomorphen auch zygomorphe Blüthen vor. Die Organkreise sind meist fünfzählig, der Fruchtknoten ist aus mehr als zwei Fruchtblättern gebildet. Die hierhergehörenden Sträucher und Kräuter haben gegenständige Blätter ohne Nebenblätter. Sie gehören meist der nördlichen, gemässigten Zone an. Man kann zwei Unterfamilien unterscheiden.

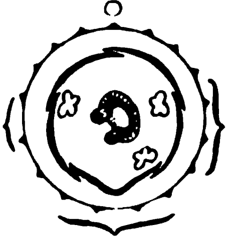
1. Lonicereae. Die Krone ist röhrig oder glockig, oft zweilippig, der Griffel ist fadenförmig. Gattungen: Lonicera, Diervillea, Linnaea, Symphoricarpus.
2. Sambuceae. Die Krone ist radförmig. Der Fruchtknoten trägt drei bis fünf sitzende Narben. Gattungen: Viburnum, Sambucus, Adoxa.

Häufiger vorkommende einheimische Arten sind Lonicera Xylosteum, Viburnum Opulus, Sambucus nigra. — Als Ziersträucher werden angepflanzt verschiedene Arten von Lonicera, ferner Diervillea rosea, Symphoricarpus racemosus, Viburnum Opulus, Sambucus nigra. — Officinell sind die Hollunderblüthen, Flores Sambuci von Sambucus nigra.

c) Die **Aggregaten**. Der Kelch ist reducirt und wird oft erst zur Fruchtzeit als Pappus deutlich sichtbar. Das Androeceum ist der Krone eingefügt, das Gynaeceum besteht meist aus zwei Fruchtblättern. Der Fruchtknoten enthält stets nur eine Samenanlage.

Familien: Valerianaceae, Dipsaceae, Compositae.

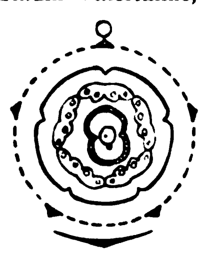
Die Blüthen der **Valerianaceen** sind asymmetrisch, die Zahl der Staubblätter schwankt zwischen eins und vier. Der dreiblätterige Fruchtknoten enthält eine hängende Samenanlage. Meist stehen zahlreiche Blüthen in einem rispig cymösen Blüthenstande. Einheimische Vertreter sind unter anderen Valeriana officinalis, V. dioica, Valerianella olitoria und V. dentata. Der Wurzelstock von Valeriana officinalis ist unter dem Namen Baldrianwurzel, Radix Valerianae, officinell.



Figur 309.

Valeriana officinalis.

Die Blüthen der **Dispaceen** sind median zygomorph mit fünfzähligen Kreisen. Unterhalb des Kelches ist an der Blüthe ein Aussenkelch vorhanden. Durch Fehlschlagen des hinteren Staubblattes ist das Androeceum viergliederig. Die zwei median gestellten Fruchtblätter schliessen eine hängende Samenanlage ein. Die Blüthen sind in Köpfchen mit besonderem Involucrum zusammengestellt. Einheimische Gattungen sind: Dipsacus, Knautia, Succisa, Scabiosa. Knautia arvensis, Succisa pratensis und Scabiosa columbaria kommen häufiger vor. Dipsacus Fullonum, die Weberkarde, wird hier und da angebaut und bei der Tuchweberei technisch verwerthet. Scabiosa atropurpurea ist Gartenzierpflanze



Figur 310.

Diagramm einer Röhrenblüthe der Compositen.

Die Blüthen der **Compositen** sind entweder gänzlich

ohne Kelch oder der Kelch bildet einen Pappus. Die Krone ist entweder aktinomorph und röhrig oder median zygomorph und dann meist zungenförmig, seltener zweilippig. Die Staubblätter bilden mit ihren seitlich verbundenen Antheren eine Röhre, welche den mit zwei Narben versehenen Griffel umhüllt. Die anatrope Samenanlage steht aufrecht. Die Blüthen stehen in Köpfchen mit Involucrum. Die zahlreichen Gattungen gruppiren sich nach dem Bau der Köpfchen in drei Unterfamilien:

1. Tubuliflorae. Die Köpfchen enthalten nur Röhrenblüthen oder daneben am Rande noch Zungenblüthen. Wichtigste Gattungen: Eupatorium, Tussilago, Petasites, Aster, Bellis, Erigeron, Solidago, Dahlia, Inula, Pulicaria, Xanthium, Bidens, Helianthus, Filago, Gnaphalium, Helichrysum, Artemisia, Tanacetum, Achillea, Anthemis, Chrysanthemum, Matricaria, Senecio, Cineraria, Arnica, Calendula, Cnicus, Cirsium, Carduus, Onopordon, Lappa, Carlina, Centaurea, Carthamus.
2. Liguliflorae. Die Köpfchen enthalten nur Zungenblüthen. Gattungen: Lapsana, Cichorium, Hypochoeris, Tragopogon, Scorzonera, Leontodon, Taraxacum, Lactuca, Sonchus, Crepis, Hieracium.
3. Labiatiflorae. Diese Abtheilung ist in der einheimischen Flora nicht vertreten, hauptsächlich wird dieselbe von südamerikanischen Holzgewächsen gebildet.

Alle genannten Gattungen kommen in mehr oder minder zahlreichen Arten in Deutschland vor; überall gemein sind Tussilago, Farfara, Bellis perennis, Filago arvensis, Gnaphalium uliginosum, Artemisia vulgaris, Achillea millefolium, Anthemis arvensis, Chrysanthemum leucanthemum, Senecio vulgaris, S. Jacobaea, S. vernalis, Cirsium lanceolatum, C. arvense, C. oleraceum, Carduus nutans, Lappa tomentosa, Centaurea Jacea, C. Cyanus, Cichorium Intybus, Taraxacum officinale, Sonchus oleraceus, Crepis biennis, C. virens, Hieracium pilosella, H. murorum, H. umbellatum.

Als Zierblumen werden in Gärten gezogen verschiedene Arten von Aster, Dahlia variabilis, Helianthus annuus, Chrysanthemum-Arten, Cineraria hybrida u. a. m. — Küchengewächse sind Scorzonera hispanica, die Schwarzwurzel; Cichorium Endivia, die Endivie, und Lactuca sativa, der Salat. — Die Knollen von Helianthus tuberosus, Topinambur, werden als Viehfutter verwendet. Die Wurzeln von Cichorium Intybus liefern das bekannte, als Cichorie oder deutscher Kaffe bezeichnete, schlechte Kaffesurrogat. — Officinell sind: Huflattichblätter, Folia Farfarae von Tussilago Farfara; Wermut, Herba Absinthii von Artemisia Absinthium; Wurmsamen, Flores Cinae von Artemisia maritima; Kamillen, Flores Chamomillae von Matricaria Chamomilla; Arnikablüthen, Flores Arnicae von Arnica montana; Cardobenediktenkraut, Herba Cardui benedicti von Cnicus benedictus; Löwenzahn, Radix Taraxaci cum herba von Taraxacum officinale.

Register.

Druck von Seitz & Schauer, München.

